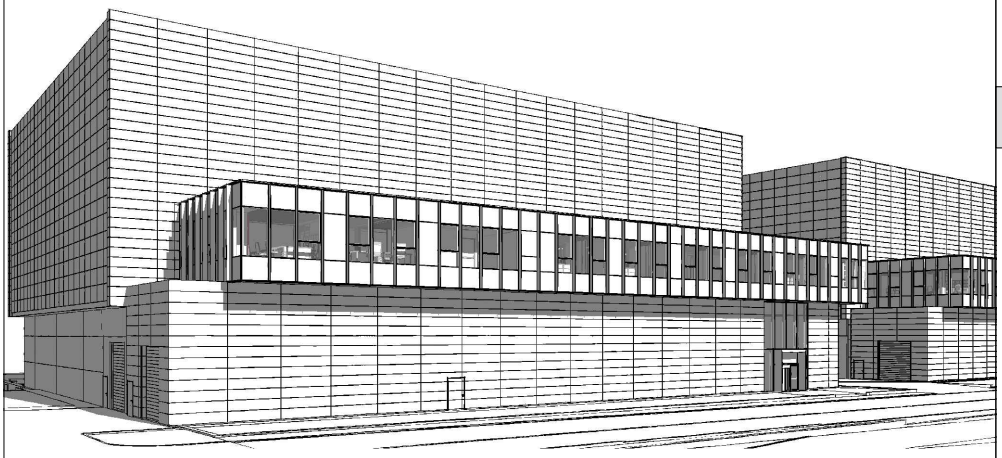
Firmato digitalmente da
Massimiliano Seren Tha
CN = Massimiliano Seren Tha
O = Ordine degli Ingegneri della Provincia di Torino
C = IT

COMUNE DI ROMA (RM)



VERIFICA DI ASSOGGETTABILITA' A VIA

OGGETTO

ID PROCEDIMENTO: 13164

Procedimento di Verifica di assoggettabilità a VIA ai sensi dell'art.19 del D.Lgs.152/2006 relativa al progetto "installazione di Gruppi Elettrogeni presso il Data Center Aruba sito nel Comune di Roma, Provincia di Roma, in località Tecnopolo Tiburtino"

DOCUMENTAZIONE INTEGRATIVA A SEGUITO DELLA RICHIESTA m amte.CTVA REG. UFF. U. 0000619 del 20-01-25

4 - CAMPI ELETTRICI E MAGNETICI

4

TITOLO

DOCUMENTO DI VALUTAZIONE IMPATTO CAMPI ELETTROMAGNETICI

ENTE PREPOSTO

MINISTERO DELL'AMBIENTE E DELLA SICUREZZA ENERGETICA

SOGGETTI COINVOLTI

Proponente

Aruba S.p.a.
Via S.Clemente n. 53
24036 Ponte S. Pietro (BG)

Progettisti

Ambiente S.p.a.
Via Tibullo n. 2
20151 Milano
Tel. 0245473370

EURISP ITALIA S.r.l.
C.so Peschiera 219
10141 -Torino
Tel 011 7716222

NUOVO DOCUMENTO
poiché non presente nella documentazione prodotta negli iter autotizzatori precedenti

ARUBA S.P.A.

ID PROCEDIMENTO: 13164
Procedimento di Verifica di assoggettabilità a VIA ai sensi dell'art.19 del D.Lgs.152/2006 relativa al progetto "installazione di Gruppi Elettrogeni presso il Data Center Aruba sito nel Comune di Roma, Provincia di Roma, in località Tecnopolo Tiburtino"

DOCUMENTO DI VALUTAZIONE IMPATTO CAMPI ELETTROMAGNETICI

Redatto in conformità alla Legge 22 febbraio 2001 n.36, al DPCM 8 luglio 2003 e al DM 29 maggio 2008

Rev.	*Data.*	*REDAZIONE*	*Protocollo EURISP ITALIA*	*Descrizione*
00	30/04/2025	Eurisp Italia ORGANISMO DI ISPEZIONE SEREN THA Massimiliano	**MS/MON/25/002**	VALUTAZIONE IMPATTO CAMPI ELETTROMAGNETICI

EURISP ITALIA S.r.l.
C.so Peschiera 219 – 10141 -Torino
Tel 011 7716222 – e-mail eurisp@eurisitalia.it

SOMMARIO

1 PREMESSA, SCOPO DELLA VALUTAZIONE E INQUADRAMENTO NORMATIVO 3
2 CABINA IN SERVIZIO AL DATA CENTER A (DCA) 7
2.1 LAYOUT ARCHITETTONICO 7
2.2 DEFINIZIONE DEI LIMITI DI ESPOSIZIONE NEI LOCALI CIRCOSTANTI 7
2.3 MODELLAZIONE 8
2.4 OSSERVAZIONI 11
3 CABINA IN SERVIZIO AL DATA CENTER B (DCB) 11
3.1 LAYOUT ARCHITETTONICO 11
3.2 DEFINIZIONE DEI LIMITI DI ESPOSIZIONE NEI LOCALI CIRCOSTANTI 12
3.3 MODELLAZIONE 13
3.4 OSSERVAZIONI 16
4 CABINA IN SERVIZIO AL DATA CENTER C (DCC) 17
4.1 LAYOUT ARCHITETTONICO 17
4.2 DEFINIZIONE DEI LIMITI DI ESPOSIZIONE NEI LOCALI CIRCOSTANTI 18
4.3 MODELLAZIONE 18
4.4 OSSERVAZIONI 21
5 CABINA IN SERVIZIO AL DATA CENTER D (DCD) 22
5.1 LAYOUT ARCHITETTONICO 22
5.2 DEFINIZIONE DEI LIMITI DI ESPOSIZIONE NEI LOCALI CIRCOSTANTI 23
5.3 MODELLAZIONE 23
5.4 OSSERVAZIONI 26
6 CABINA IN SERVIZIO AL DATA CENTER E (DCE) 26
6.1 LAYOUT ARCHITETTONICO 26
6.2 DEFINIZIONE DEI LIMITI DI ESPOSIZIONE NEI LOCALI CIRCOSTANTI 27
6.3 MODELLAZIONE 28
6.4 OSSERVAZIONI 31
7 DORSALI MT 31
7.1 DEFINIZIONE DEI LIMITI DI ESPOSIZIONE NEI LOCALI CIRCOSTANTI 31
7.2 ANALISI DELLE LINEE MT INTERRATE IN ASSENZA DI OPERE DI MITIGAZIONE 32
7.3 OSSERVAZIONI 35
8 CONCLUSIONI 36

Allegato 1: Documento di Validazione Algoritmi di calcolo del software MAGIC® (MAGnetic Induction Calculation)

1 PREMESSA, SCOPO DELLA VALUTAZIONE E INQUADRAMENTO NORMATIVO

Nell'ambito della verifica di assoggettabilità alla VIA, previsto per i Data Center assistiti da gruppi elettrogeni di emergenza con potenza superiore complessivamente a 50 MWt, il presente documento risponde alla richiesta [m amte.CTVA REG. UFF. - U. 0000619 del 20-01-25] di predisposizione di relazione tecnica relativa a "campi elettrici e magnetici", relativi al progetto curato da ARUBA S.p.A.) che includa l'analisi dei campi elettrice e dell'induzione magnetica generata dai componenti elettrici, definendo in particolare:

- Calcolo delle fasce di rispetto – obiettivo di qualità (3μT) e valore di attenzione (5kV/m)
- Verifica planimetrica dell'eventuale presenza di recettori ricadenti all'interno della fascia di rispetto.

Per quanto attiene alla valutazione del **campo elettrico** per le cabine MT/BT risulta essere trascurabile in quanto i potenziali elettrici sono relativamente bassi, anche trattandosi di media tensione. Inoltre, a differenza dei campi magnetici, quelli elettrici sono ampiamente mitigati dalle cosiddette schermature "di fatto", quali:

- Involucro del quadro MT
- Struttura muraria della cabina

Pertanto, è verosimile assumere che i valori di campi elettrici valutabili all'esterno delle cabine elettriche Aruba, siano inferiori ai 100 V/m, in riferimento ad un limite legislativo di 5kV/m.

La relazione concentra pertanto lo studio preliminare dell'**induzione magnetica** generata dalle infrastrutture elettriche presenti sul perimetro esterno del Campus Aruba ed in particolare:

- Cabina in servizio al Data Center A (DCA);
- Cabina in servizio al Data Center B (DCB);
- Cabina in servizio al Data Center C (DCC);
- Cabina in servizio al Data Center D (DCD);
- Cabina in servizio al Data Center E (DCE);
- Elettrodotto MT (GREEN e ORANGE).

Sono omessi dalla trattazione i **gruppi elettrogeni** in quanto, considerata la loro attivazione in condizione emergenziale, non configurano le caratteristiche di sorgenti da inserire in

simulazione con l'obiettivo di analizzare un impatto elettromagnetico verso bersagli sensibili con possibile stazionamento sopra alle 4 h/d.

A seguire viene riportato una pianta generale del Campus Aruba (Fig.1) con individuazione delle cinque Cabine esterne a servizio dei Data Center, oggetto del presente studio.

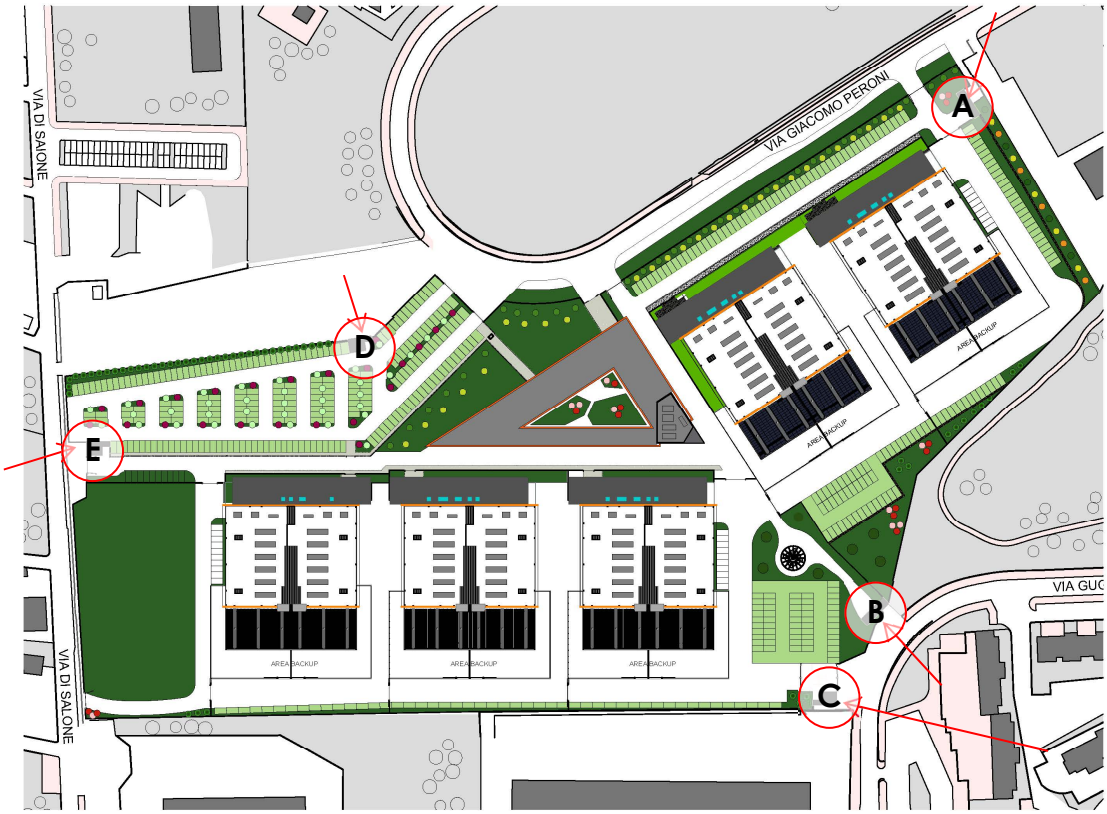


Figura 1 - Pianta Campus Aruba con le cinque cabine elettriche

La presente attività si colloca nel seguente quadro normativo di riferimento:

- Legge n° 36 del 22/2/2001, "Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici" (Legge che rimanda l'applicazione ai decreti applicativi: DPCM 8 luglio 2003);
- Guida CEI 211-6 (2001), "Guida per la misura e per la valutazione dei campi elettrici e magnetici nell'intervallo di frequenza 0 Hz - 10 kHz, con riferimento all'esposizione umana";
- DPCM 8 luglio 2003, "Fissazione dei limiti di esposizione, dei valori di attenzione e degli obbiettivi di qualità per la protezione della

popolazione dalle esposizioni ai campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete (50Hz) generati da elettrodotti;

- Guida CEI 106-11: (2006), "Guida per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti secondo le disposizioni del DPCM 8 luglio 2003 (Art. 6) – Parte 1: Linee elettriche aeree e in cavo";
- Guida CEI 106-12 (2006), "Guida pratica ai metodi e criteri di riduzione dei campi magnetici prodotti dalle cabine elettriche MT/BT";
- CEI 14-35 (2008), in merito alla valutazione dei campi elettromagnetici attorno ai trasformatori di potenza aventi una gamma di potenza compresa fra 5 kVA e 1000 kVA;
- DM 29 Maggio 2008, "Approvazione della metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti";
- Supplemento ordinario n.160 alla Gazzetta ufficiale 5 luglio 2008 n. 156, Metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti (allegato APAT);
- Guida CEI 211-4 (2008), "Guida ai metodi di calcolo dei campi elettrici e magnetici generati da linee e da stazioni elettriche";
- D.Lgs n. 81 del 9 aprile 2008, "Attuazione dell'articolo 1 della legge 3 agosto 2007, n. 123, in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro", nello specifico: Titolo VIII Capo IV;
- Raccomandazione del Consiglio dell'Unione Europea 1999/519/CE, 12 luglio 2009, relativa alla limitazione dell'esposizione della popolazione ai campi elettromagnetici da 0 Hz a 300 GHz;
- Norma CEI EN 61000-4-8:2010, Compatibilità elettromagnetica (EMC);
- Norma CEI EN 62110: 2012-11 (CEI 106-27), Livelli di campo elettrico e magnetico generati da sistemi di potenza in c.a.: Procedure di misura con riferimento all'esposizione umana;
- D.Lgs n. 159 del 01 agosto 2016, "Attuazione della direttiva 2013/35/UE sulle disposizioni minime di sicurezza e di salute relative all'esposizione dei lavoratori ai rischi derivanti dagli agenti fisici (campi elettromagnetici) e che abroga la direttiva 2004/40/CE.";
- DM 11 Ottobre 2017 "Inquinamento elettromagnetico indoor", per dimostrare la conformità al criterio 2.3.5.4 è necessario presentare una

relazione tecnica, con relativi elaborati grafici, stato ante operam, interventi previsti, risultati raggiungibili e stato post operam;

- Guida CEI 106-45 (gennaio 2021), Guida CEM – Guida alla valutazione dei rischi per la salute e la sicurezza derivante dall'esposizione ai campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici (CEM) fra 0 Hz e 300 GHz nei luoghi di lavoro.

In particolare, i valori limite massimi in materia di esposizione a campi magnetici prodotti da sorgenti elettriche di bassa frequenza previsti dalla normativa citata sono fissati a:

- 100 µT esposizione istantanea, valore imposto dal DPCM 8 Luglio 2003 – Art. 3;
- 3,78 µT per locali con presenza di apparecchiature elettroniche sensibili, valore indicato dalla norma tecnica CEI EN 61000-4:8;
- 3 µT, obiettivo di qualità negli ambienti ad esposizione prolungata di persone (superiore alle quattro ore giornaliere), valore imposto dal DPCM 8 Luglio 2003 – Art. 4.

Per ciascuna sorgente oggetto di approfondimento, si prevede la seguente articolazione dell'indagine:

- Lo studio inizia da una descrizione generale del problema con individuazione delle aree sensibili e delle sorgenti principali di campo magnetico, per le quali è necessario effettuare una valutazione dell'induzione magnetica, secondo i valori limiti sopra citati (**Layout architettonico**) + (**Definizione dei limiti di esposizione nei locali circostanti la cabina elettrica**).
- Lo studio prosegue con la modellizzazione dei dispositivi elettrici mediante software MAGIC® per la valutazione dell'induzione magnetica generata dagli stessi (**Modellazione**) corredata da commenti conclusivi e sulla definizione della DPA di parete di cabina, DPA e Fdr per le linee interrate, individuate attraverso l'analisi dei valori di campo magnetico generati dalle simulazioni (**Osservazioni**).

2 CABINA IN SERVIZIO AL DATA CENTER A (DCA)

2.1 Layout architettonico

Nella Figura seguente si riporta la pianta della Cabina di trasformazione DCA e locali Areti di ricezione con indicazione della disposizione di alcuni dei componenti elettrici presenti all'interno della stessa.
Vengono definiti anche i punti cardinali di riferimento per questa specifica relazione, senza che gli stessi debbano coincidere con i reali punti cardinali terrestri

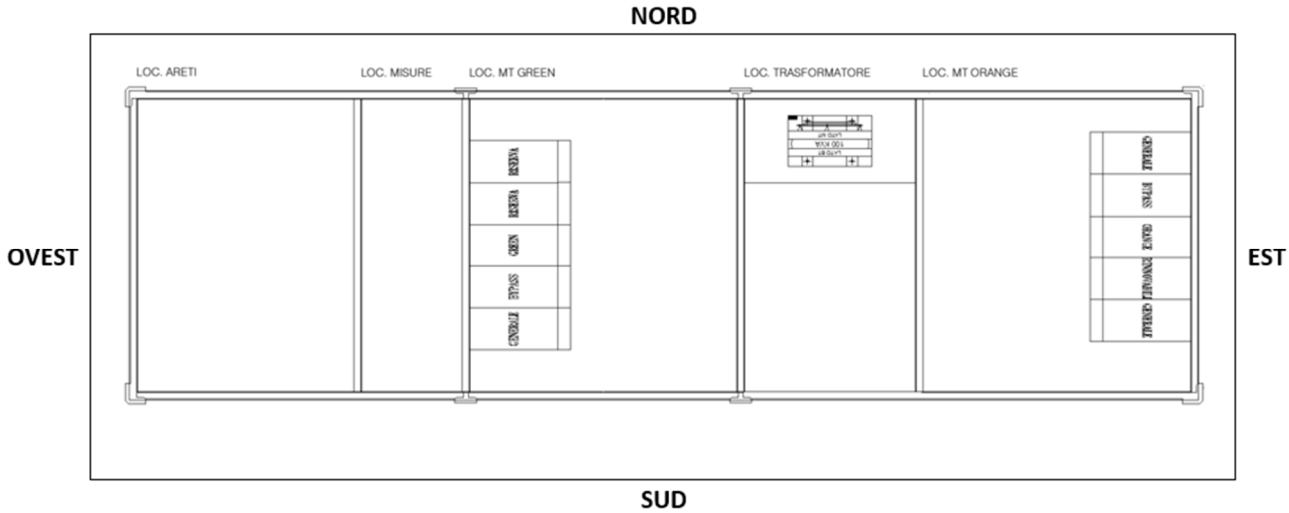


Figura 2 - Pianta del locale Cabina di trasformazione DCA + locali di ricezione Areti

Le apparecchiature elettriche presenti nella Cabina, caratterizzate da valori di corrente non trascurabili ai fini delle valutazioni del campo magnetico, sono:

- n.1 Trasformatore MT/BT da 100kVA 0,4/20kV isolato in resina;
- n.3 Quadri generali di media tensione (quello del locale Areti è stato cautelativamente ipotizzato);
- n.3 Linee MT di collegamento tra quadro di media tensione e trasformatore, di collegamento tra il QMT Green e il QMT Orange e di collegamento tra il QMT di ricezione Areti e il QMT Green;
- n.4 Tratta iniziale delle Dorsali MT in uscita dai quadri di media verso il Data Center A.

2.2 Definizione dei limiti di esposizione nei locali circostanti

Oltre il confine di proprietà:

- **100 µT esposizione istantanea**, valore imposto dal DPCM 8 Luglio 2003 – Art. 3;
- **3 µT obiettivo di qualità** imposto dal DPCM 8 Luglio 2003 – Art. 4 nella progettazione di nuovi elettrodotti in corrispondenza di aree gioco per l'infanzia, di ambienti abitativi, di ambienti scolastici e di luoghi adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore e nella progettazione dei nuovi insediamenti e delle nuove aree di cui sopra in prossimità di linee ed installazioni elettriche già presenti nel territorio, ai fini della progressiva minimizzazione dell'esposizione ai campi elettrici e magnetici generati dagli elettrodotti operanti alla frequenza di 50 Hz negli ambienti ad esposizione prolungata di persone (superiore alle quattro ore giornaliere).

All'interno dell'area del Data Center e della stessa proprietà:
Dalle informazioni ricevute dalla committenza, esistono aree interne alla proprietà accessibili anche a lavoratori non professionalmente esposti e clienti esterni. In particolare, vi saranno locali o aree con possibilità di stazionamento di persone, motivo per cui all'interno di tali zone il limite da rispettare risulterà sia quello istantaneo, sia l'obiettivo di qualità 3 μT relativo ad aree con permanenza di lavoratori per più di 4 ore consecutive.
Tali aree sono individuabili unicamente all'interno degli edifici Data Center.
Per quanto riguarda gli spazi verdi interni alla proprietà Aruba, si definisce che gli stessi non siano fruibili da bambini o da popolazione che possa stanziarvi per più di 4 ore consecutive giornaliere.

2.3 Modellazione

Nelle Figure 3 e 4 viene presentato il layout della cabina elettrica mediante il software di calcolo tridimensionale MAGIC®, utilizzato per valutare l'induzione magnetica generata dai componenti elettrici, presenti nel locale oggetto di analisi. Il software permette di effettuare delle simulazioni considerando la tridimensionalità dei singoli dispositivi elettrici ed una sovrapposizione dei loro effetti in termini di induzione magnetica. La tipologia di apparecchiature utilizzate nella simulazione MAGIC® sarà la più vicina possibile alla conformazione delle sorgenti reali, partendo dagli elementi standard modellabili all'interno del software stesso. In allegato alla presente relazione si fornisce il documento di validazione del software attraverso un confronto con software già esistenti e con rilievi sperimentali.

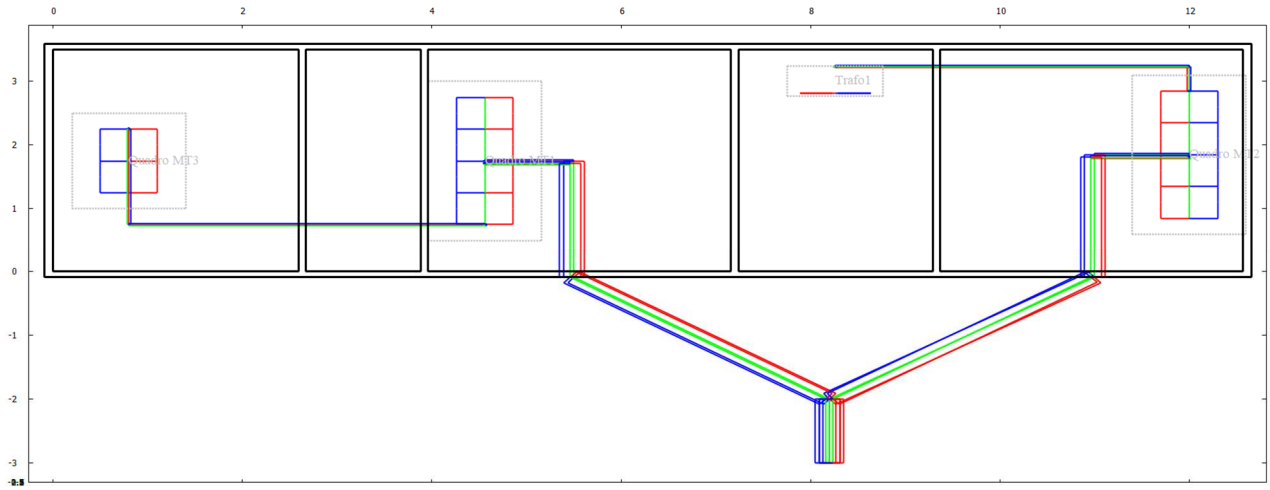


Figura 3 Layout del locale Cabina di trasformazione DCA + locali di ricezione Areti – vista 2D

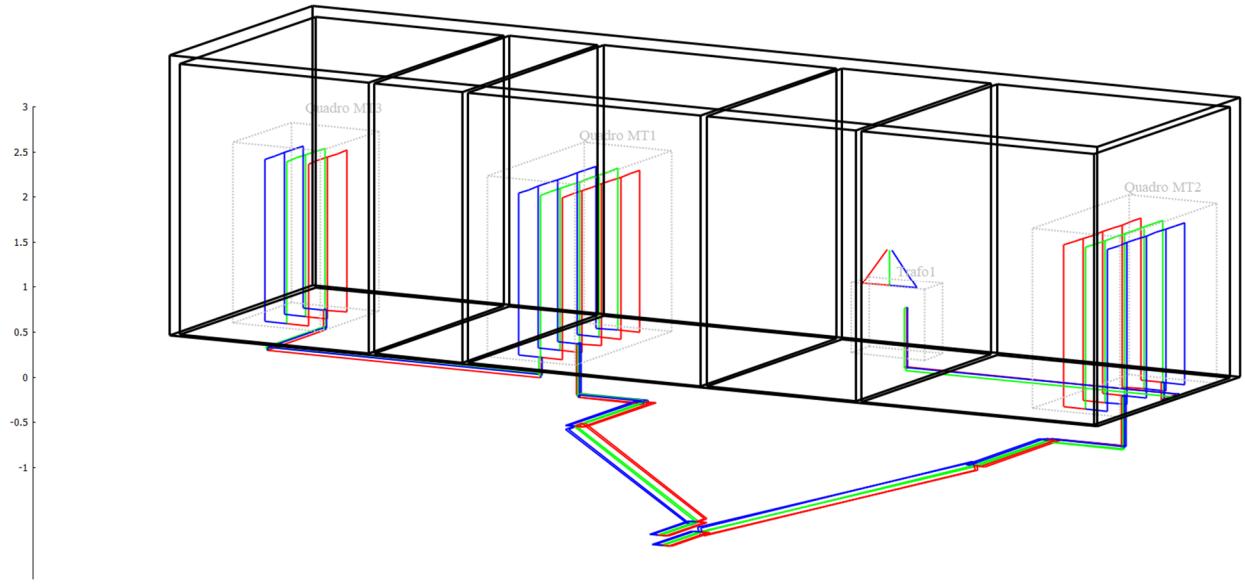


Figura 4 Layout del locale Cabina di trasformazione DCA + locali di ricezione Areti – vista 3D

Di seguito vengono analizzati i valori di induzione magnetica generati dalla cabina elettrica in assenza di schermatura con quote utili alla determinazione delle DPA, nelle aree attigue la stessa. Nelle successive Figure vengono presentate le curve isolivello che riportano i valori di induzione magnetica, in µT, calcolati su diversi piani XY (paralleli al pavimento del locale Cabina MT/BT) per le seguenti quote:
z = 0,5 corrispondente ad una quota di 0,5 metri a partire dal pavimento della cabina (Figura 5);
z = 1,0 corrispondente ad una quota di 1,0 metro a partire dal pavimento della cabina (Figura 6);
z = 1,5 corrispondente ad una quota di 1,5 metri a partire dal pavimento della cabina (Figura 7).

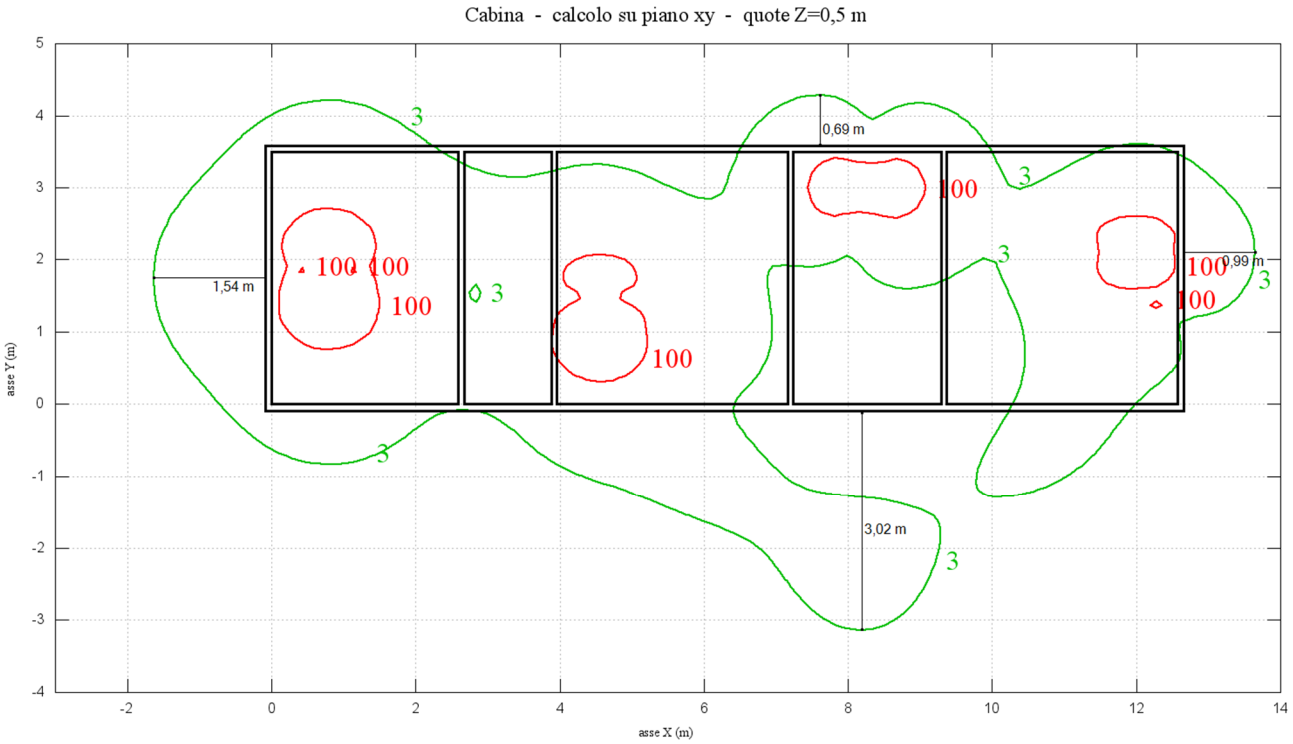


Figura 5 Curve isolivello d'induzione magnetica calcolate su un piano XY per z = 0,5 m

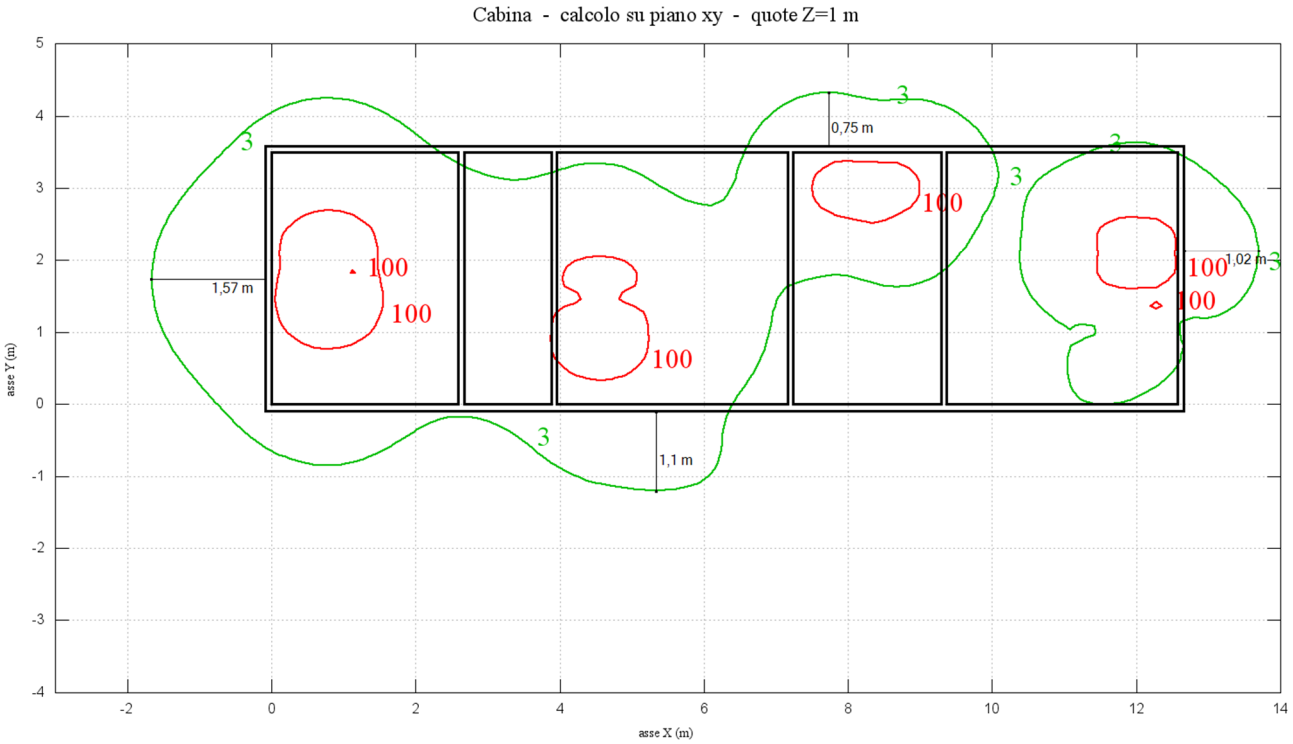


Figura 6 Curve isolivello d'induzione magnetica calcolate su un piano XY per z = 1,0 m

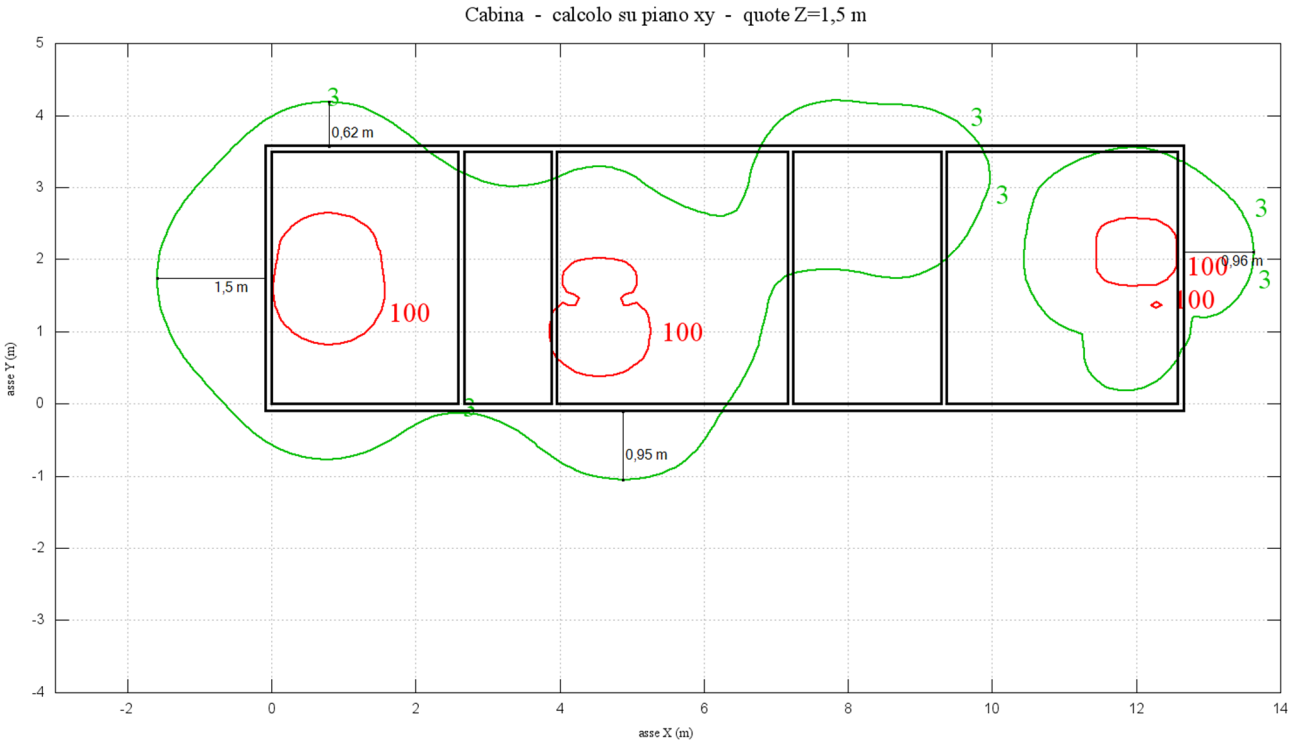


Figura 7 Curve isolivello d'induzione magnetica calcolate su un piano XY per z = 1,5 m

Nella Tabella 1 vengono riportate le DPA di Parete relative alle curve isolivello 3µT approssimate al metro successivo, relativa alla quota Z.

Tabella 1 DPA – Cabina DCA

Cabina	TR [kVA]	Curva isolivello [µT]	DPA Parete Nord [m]	DPA Parete Est [m]	DPA Parete Sud [m]	DPA Parete Ovest [m]
DCA	100	3	1,0	2,0	4,0	2,0
		100	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.

2.4 Osservazioni

Ponendo in analisi le curve isolivello ottenute e le DPA di Parete definite, con i limiti spaziali definiti al paragrafo 2.2, si può evidenziare che:

Il limite istantaneo 100uT risulta rispettato in tutte le aree asterne limitrofe alla cabina elettrica.

L'obiettivo di qualità 3uT ha un'estensione di qualche metro nell'intorno della cabina elettrica, ma tali estroflessioni non coinvolgono aree dove risultano presenti recettori sensibili stanzianti per più di 4 ore consecutive giornaliere.
A valle di tali considerazioni, qualsiasi violazione dei vincoli precedentemente elencati o variazione di caratteristiche elettriche e/o geometriche potrebbe determinare una variazione dei risultati ottenuti dalle simulazioni.
Questa valutazione di impatto ambientale fa riferimento esclusivamente alle apparecchiature presenti all'interno della cabina elettrica, senza considerare le dorsali MT in uscita e le dorsali BT in ingresso dalla stessa.
Le dorsali MT, in uscita dalle cabine elettriche saranno trattate in un apposito paragrafo dedicato.

3 CABINA IN SERVIZIO AL DATA CENTER B (DCB)

3.1 Layout architettonico

Nelle Figura 8 si riporta la pianta della Cabina di trasformazione DCB e locali Areti di ricezione con indicazione della disposizione dei componenti elettrici presenti all'interno della stessa.
Vengono definiti anche i punti cardinali di riferimento per questa specifica relazione, senza che gli stessi debbano coincidere con i reali punti cardinali terrestri.

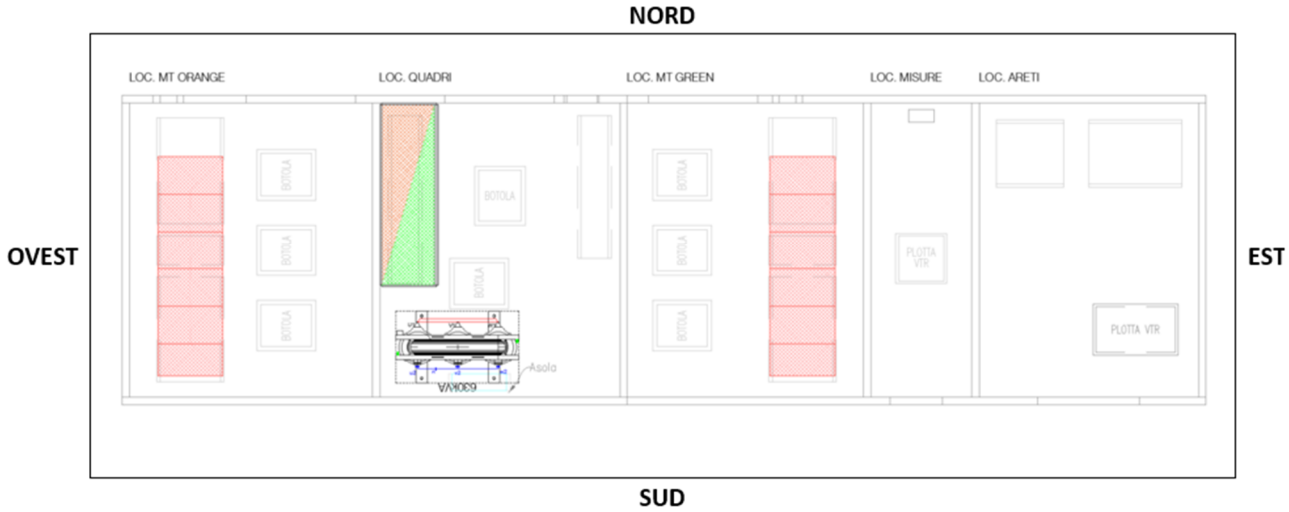


Figura 8 Pianta del locale Cabina di trasformazione DCB + locali di ricezione Areti

Le apparecchiature elettriche presenti nella Cabina, caratterizzate da valori di corrente non trascurabili ai fini delle valutazioni del campo magnetico, sono:

- n.1 Trasformatore MT/BT da 100kVA 0,4/20kV isolato in resina;
- n.1 Quadro generale di bassa tensione;
- n.3 Quadri generali di media tensione (quello del locale Areti è stato cautelativamente ipotizzato);
- n.1 Linea BT di collegamento tra trasformatore e quadro BT;
- n.3 Linee MT di collegamento tra quadro di media tensione e trasformatore, di collegamento tra il QMT Green e il QMT Orange e di collegamento tra il QMT di ricezione Areti e il QMT Green;
- n.4 Tratta iniziale delle Dorsali MT in uscita dai quadri di media verso il Data Center A.

3.2 Definizione dei limiti di esposizione nei locali circostanti

In riferimento alla normativa vigente dovranno essere valutati i seguenti limiti:

Oltre il confine di proprietà:

- **100 µT esposizione istantanea**, valore imposto dal DPCM 8 Luglio 2003 – Art. 3;
- **3 µT obiettivo di qualità** imposto dal DPCM 8 Luglio 2003 – Art. 4 nella progettazione di nuovi elettrodotti in corrispondenza di aree gioco per l'infanzia, di ambienti abitativi, di ambienti scolastici e di luoghi adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore e nella progettazione dei nuovi insediamenti e delle nuove aree di cui sopra in prossimità di linee ed installazioni elettriche già presenti nel territorio, ai fini della progressiva minimizzazione dell'esposizione ai campi elettrici e magnetici generati dagli elettrodotti operanti alla frequenza di 50 Hz negli ambienti ad esposizione prolungata di persone (superiore alle quattro ore giornaliere).

All'interno dell'area del Data Center e della stessa proprietà:
Dalle informazioni ricevute dalla committenza, esistono aree interne alla proprietà accessibili anche a lavoratori non professionalmente esposti e clienti esterni. In particolare, vi saranno locali o aree con possibilità di stazionamento di persone, motivo per cui all'interno di tali zone il limite da rispettare risulterà sia quello istantaneo, sia l'obiettivo di qualità 3 µT relativo ad aree con permanenza di lavoratori per più di 4 ore consecutive.
Tali aree sono individuabili unicamente all'interno degli edifici Data Center.

Per quanto riguarda gli spazi verdi interni alla proprietà Aruba, si definisce che gli stessi non siano fruibili da bambini o da popolazione che possa stanziarvi per più di 4 ore consecutive giornaliere.

3.3 Modellazione

Nelle Figure 9 e 10 viene presentato il layout della cabina elettrica mediante il software di calcolo tridimensionale MAGIC®, utilizzato per valutare l'induzione magnetica generata dai componenti elettrici, presenti nel locale oggetto di analisi. Il software permette di effettuare delle simulazioni considerando la tridimensionalità dei singoli dispositivi elettrici ed una sovrapposizione dei loro effetti in termini di induzione magnetica. La tipologia di apparecchiature utilizzate nella simulazione MAGIC® sarà la più vicina possibile alla conformazione delle sorgenti reali, partendo dagli elementi standard modellabili all'interno del software stesso. In allegato alla presente relazione si fornisce il documento di validazione del software attraverso un confronto con software già esistenti e con rilievi sperimentali.

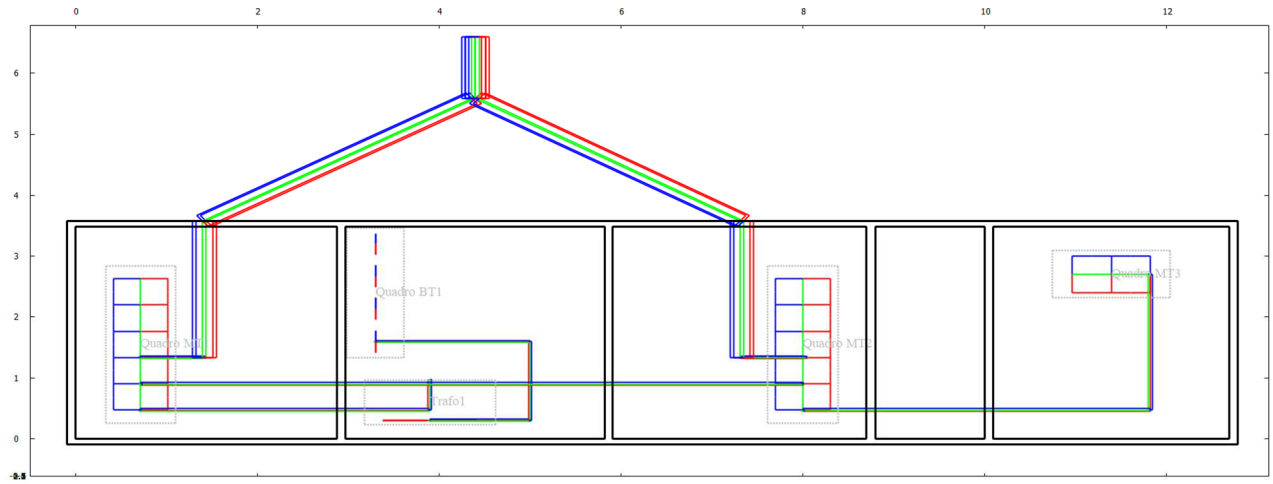


Figura 9 Layout del locale Cabina di trasformazione DCB + locali di ricezione Areti – vista 2D

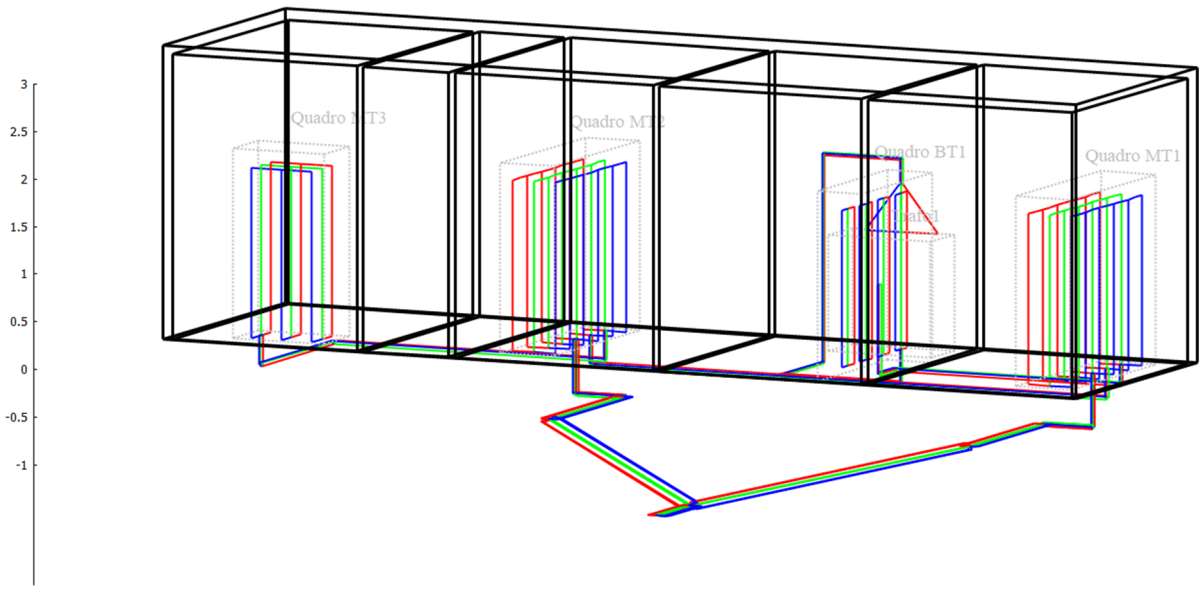


Figura 10 Layout del locale Cabina di trasformazione DCB + locali di ricezione Areti – vista 3D

Di seguito vengono analizzati i valori di induzione magnetica generati dalla cabina elettrica in assenza di schermatura con quote utili alla determinazione delle DPA, nelle aree attigue la stessa.
Nelle successive Figure vengono presentate le curve isolivello che riportano i valori di induzione magnetica, in μT, calcolati su diversi piani XY (paralleli al pavimento del locale Cabina MT/BT) per le seguenti quote:
z = 0,5 corrispondente ad una quota di 0,5 metri a partire dal pavimento della cabina (Figura 11);
z = 1,0 corrispondente ad una quota di 1,0 metro a partire dal pavimento della cabina (Figura 12);
z = 1,5 corrispondente ad una quota di 1,5 metri a partire dal pavimento della cabina (Figura 13).

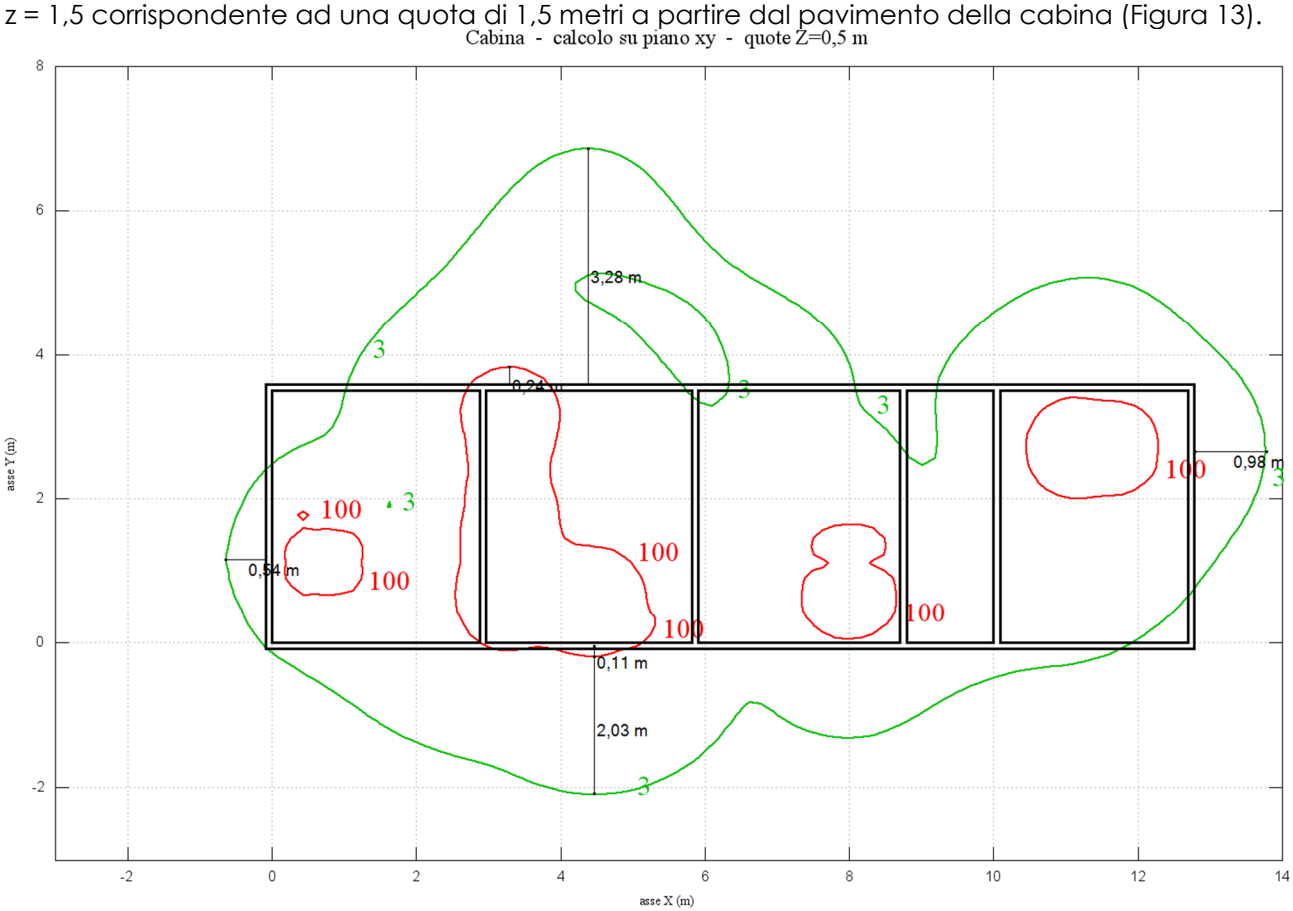


Figura 11 Curve isolivello d'induzione magnetica calcolate su un piano XY per z = 0,5 m

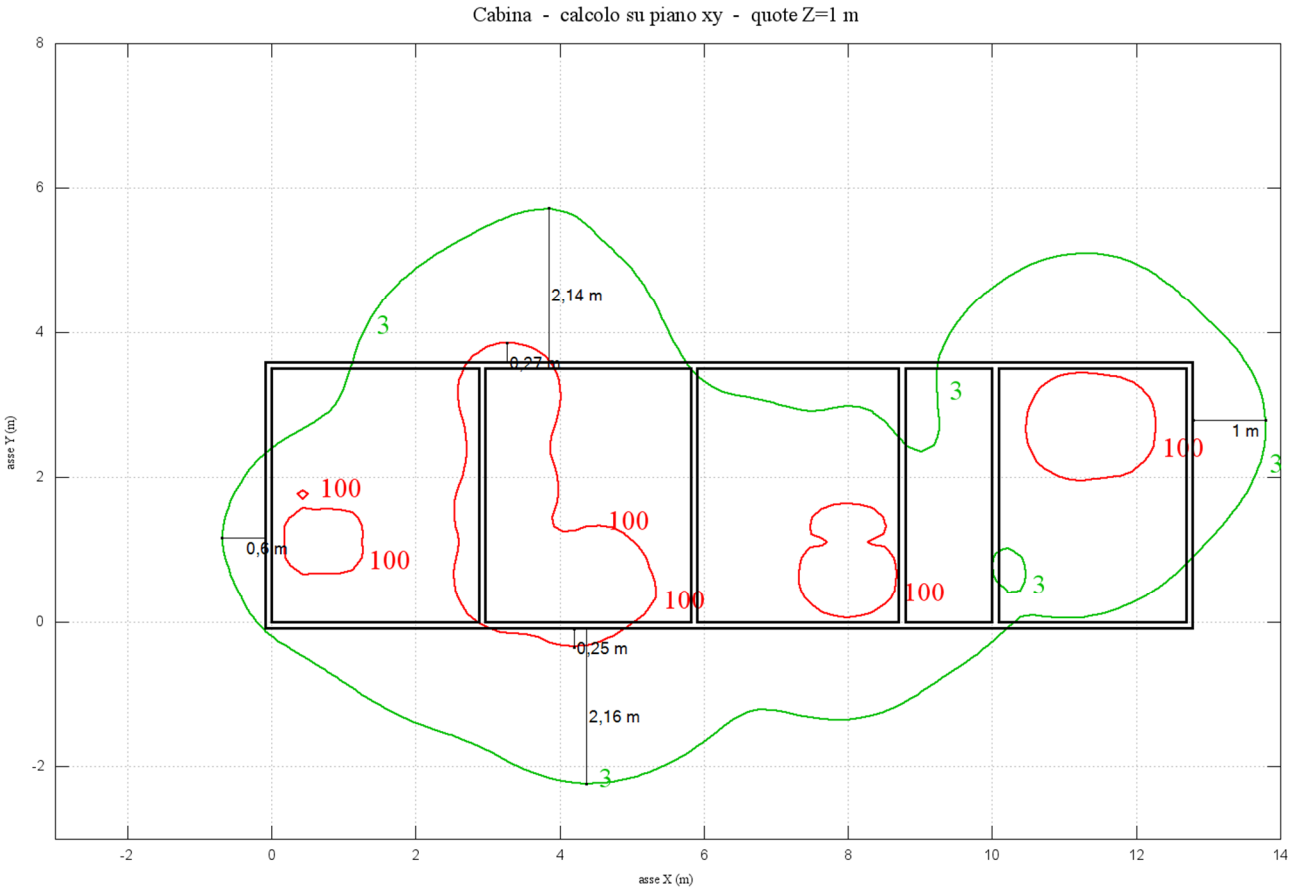


Figura 12 Curve isolivello d'induzione magnetica calcolate su un piano XY per z = 1,0 m

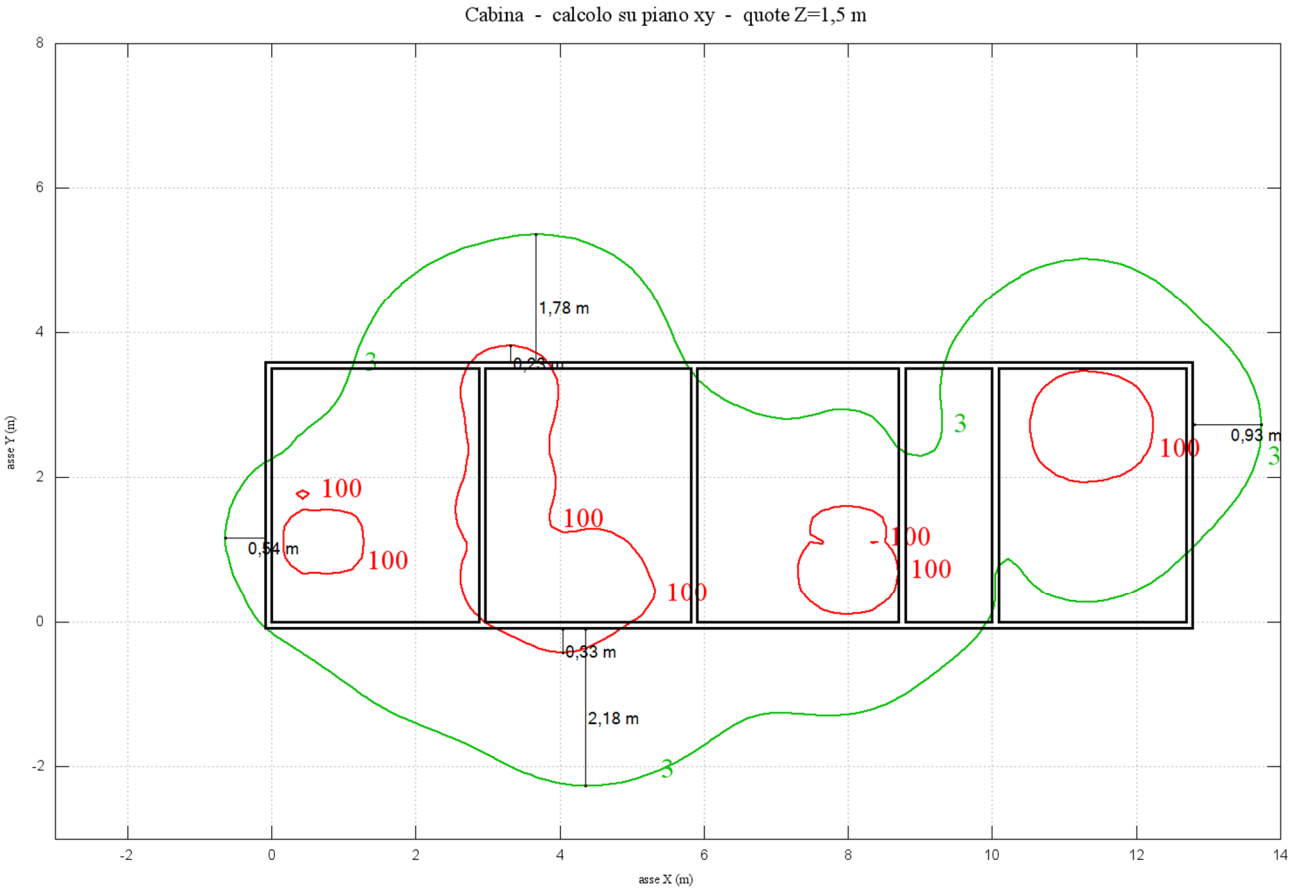


Figura 13 Curve isolivello d'induzione magnetica calcolate su un piano XY per z = 1,5 m

Nella Tabella 2 vengono riportate le DPA di Parete relative alle curve isolivello 3µT approssimate al metro successivo, relativa alla quota Z.

Tabella 2 DPA – Cabina DCB

Cabina	TR [kVA]	Curva isolivello [µT]	DPA Parete Nord [m]	DPA Parete Est [m]	DPA Parete Sud [m]	DPA Parete Ovest [m]
DCB	630	3	4,0	2,0	3,0	1,0
		100	0,27	N.C.	0,33	N.C.

3.4 Osservazioni

<u>Ponendo in analisi le curve isolivello ottenute e le DPA di Parete definite, con i limiti spaziali definiti al paragrafo 3.2 , si può evidenziare che:</u>

<u>Il limite istantaneo 100uT risulta rispettato per le aree ad Est ed Ovest, limitrofe alla cabina elettrica, mentre vi è lo sforamento del limite verso la direzione Nord e Sud.</u>
<u>Verrà adottato un sistema di mitigazione dei campi magnatici indotti (piastre schermanti oppure spostamento delle sorgenti) tale da contenere i valori di campo magnetico al di sotto del limite istantaneo verso le aree a Nord e a Sud del locale cabina elettrica.</u>

L'obiettivo di qualità 3uT ha un'estensione di qualche metro nell'intorno della cabina elettrica, ma tali estroflessioni non coinvolgono aree dove risultano presenti recettori sensibili stanzianti per più di 4 ore consecutive giornaliere.
A valle di tali considerazioni, qualsiasi violazione dei vincoli precedentemente elencati o variazione di caratteristiche elettriche e/o geometriche potrebbe determinare una variazione dei risultati ottenuti dalle simulazioni.
Questa valutazione di impatto ambientale fa riferimento esclusivamente alle apparecchiature presenti all'interno della cabina elettrica, senza considerare le dorsali MT in uscita e le dorsali BT in ingresso dalla stessa.
Le dorsali MT, in uscita dalle cabine elettriche saranno trattate in un apposito paragrafo dedicato.

4 CABINA IN SERVIZIO AL DATA CENTER C (DCC)

4.1 Layout architettonico

Nella Figura 14 si riporta la pianta della Cabina di trasformazione DCC e locali Areti di ricezione con indicazione della disposizione di alcuni dei componenti elettrici presenti all'interno della stessa.
Vengono definiti anche i punti cardinali di riferimento per questa specifica relazione, senza che gli stessi debbano coincidere con i reali punti cardinali terrestri.

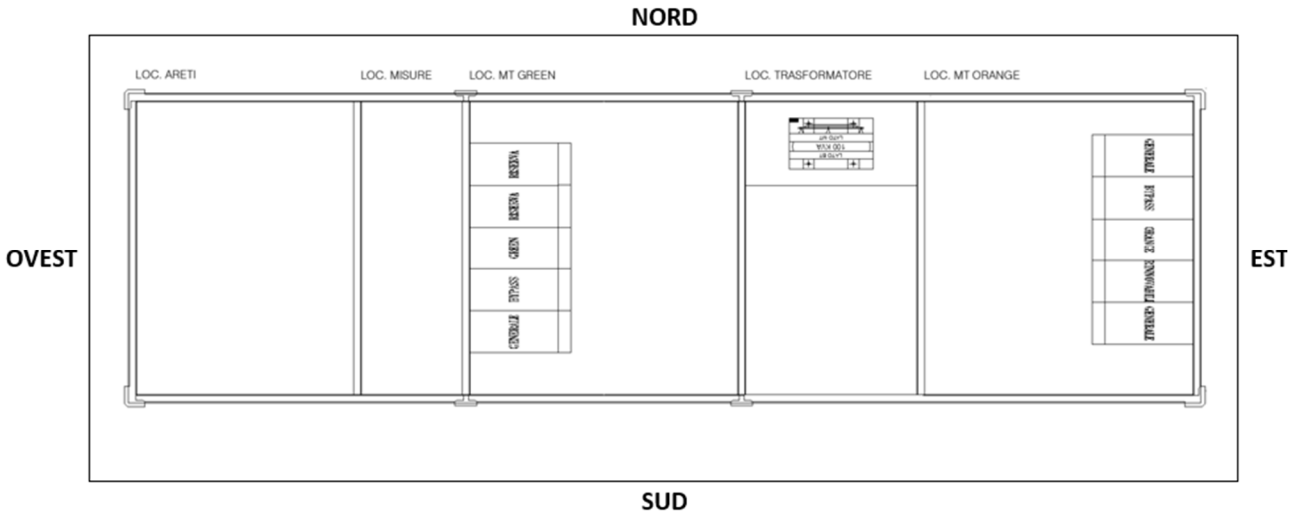


Figura 14 Pianta del locale Cabina di trasformazione DCC + locali di ricezione Areti

Le apparecchiature elettriche presenti nella Cabina, caratterizzate da valori di corrente non trascurabili ai fini delle valutazioni del campo magnetico, sono:

- n.1 Trasformatore MT/BT da 100kVA 0,4/20kV isolato in resina;
- n.3 Quadri generali di media tensione (quello del locale Areti è stato cautelativamente ipotizzato);
- n.3 Linee MT di collegamento tra quadro di media tensione e trasformatore, di collegamento tra il QMT Green e il QMT Orange e di collegamento tra il QMT di ricezione Areti e il QMT Green;
- n.4 Tratta iniziale delle Dorsali MT in uscita dai quadri di media verso il Data Center C.

NOTA: Come da indicazioni fornite dalla committenza per il presente studio la Cabina DCC è da intendersi identica alla Cabina DCA.

4.2 Definizione dei limiti di esposizione nei locali circostanti

In riferimento alla normativa vigente dovranno essere valutati i seguenti limiti:
Oltre il confine di proprietà:

- **100 µT esposizione istantanea**, valore imposto dal DPCM 8 Luglio 2003 – Art. 3;
- **3 µT obiettivo di qualità** imposto dal DPCM 8 Luglio 2003 – Art. 4 nella progettazione di nuovi elettrodotti in corrispondenza di aree gioco per l'infanzia, di ambienti abitativi, di ambienti scolastici e di luoghi adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore e nella progettazione dei nuovi insediamenti e delle nuove aree di cui sopra in prossimità di linee ed installazioni elettriche già presenti nel territorio, ai fini della progressiva minimizzazione dell'esposizione ai campi elettrici e magnetici generati dagli elettrodotti operanti alla frequenza di 50 Hz negli ambienti ad esposizione prolungata di persone (superiore alle quattro ore giornaliere).

All'interno dell'area del Data Center e della stessa proprietà:
Dalle informazioni ricevute dalla committenza, esistono aree interne alla proprietà accessibili anche a lavoratori non professionalmente esposti e clienti esterni. In particolare, vi saranno locali o aree con possibilità di stazionamento di persone, motivo per cui all'interno di tali zone il limite da rispettare risulterà sia quello istantaneo, sia l'obiettivo di qualità 3 µT relativo ad aree con permanenza di lavoratori per più di 4 ore consecutive.
Tali aree sono individuabili unicamente all'interno degli edifici Data Center.
Per quanto riguarda gli spazi verdi interni alla proprietà Aruba, si definisce che gli stessi non siano fruibili da bambini o da popolazione che possa stanziarvi per più di 4 ore consecutive giornaliere.

4.3 Modellazione

Nelle Figure 15 e 16 viene presentato il layout della cabina elettrica mediante il software di calcolo tridimensionale MAGIC®, utilizzato per valutare l'induzione magnetica generata dai componenti elettrici, presenti nel locale oggetto di analisi. Il software permette di effettuare delle simulazioni considerando la tridimensionalità dei singoli dispositivi elettrici ed una sovrapposizione dei loro effetti in termini di induzione magnetica. La tipologia di apparecchiature utilizzate nella simulazione MAGIC® sarà la più vicina possibile alla conformazione delle sorgenti reali, partendo dagli elementi standard modellabili all'interno del software stesso. In allegato alla presente relazione si fornisce il documento di validazione del software attraverso un confronto con software già esistenti e con rilievi sperimentali.

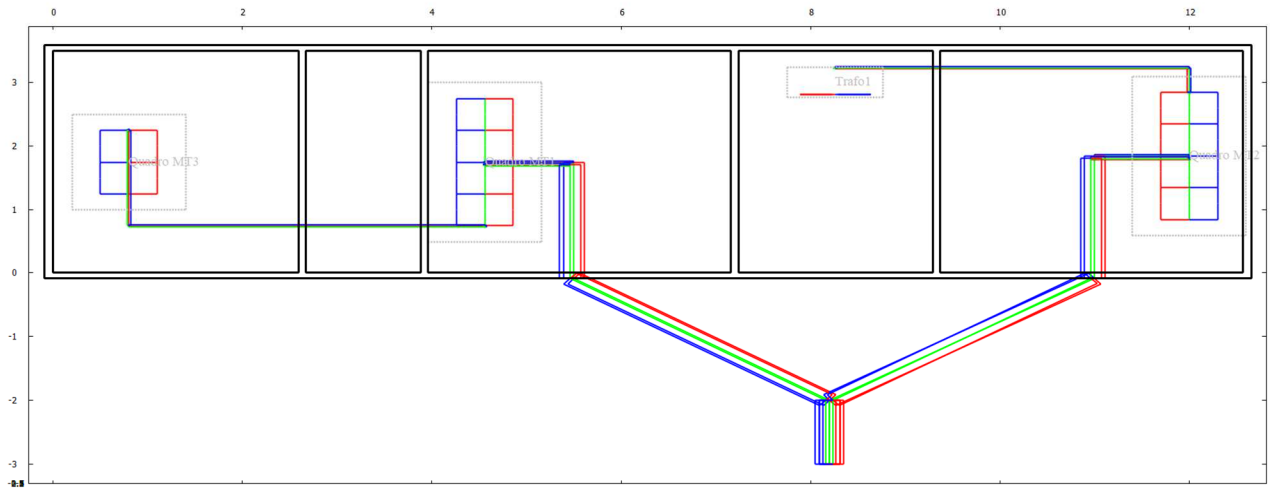


Figura 15 Layout del locale Cabina di trasformazione DCC + locali di ricezione Areti – vista 2D

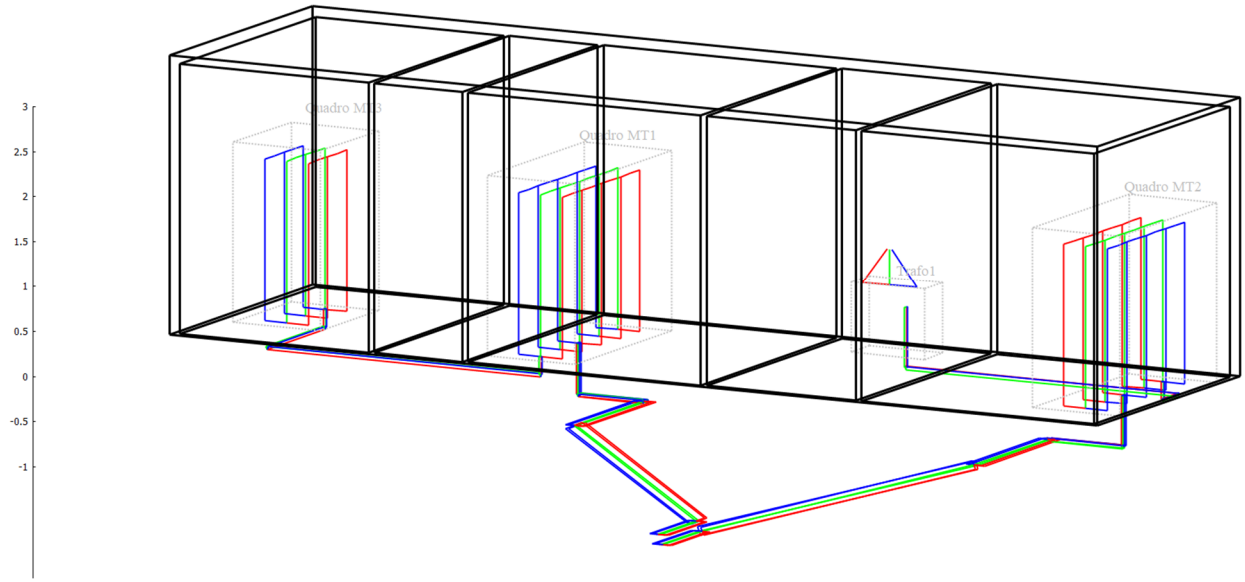


Figura 16 Layout del locale Cabina di trasformazione DCC + locali di ricezione Areti – vista 3D

Di seguito vengono analizzati i valori di induzione magnetica generati dalla cabina elettrica in assenza di schermatura con quote utili alla determinazione delle DPA, nelle aree attigue la stessa.
Nelle successive Figure vengono presentate le curve isolivello che riportano i valori di induzione magnetica, in μT, calcolati su diversi piani XY (paralleli al pavimento del locale Cabina MT/BT) per le seguenti quote:
z = 0,5 corrispondente ad una quota di 0,5 metri a partire dal pavimento della cabina (Figura 17);
z = 1,0 corrispondente ad una quota di 1,0 metro a partire dal pavimento della cabina (Figura 18);
z = 1,5 corrispondente ad una quota di 1,5 metri a partire dal pavimento della cabina (Figura 19).

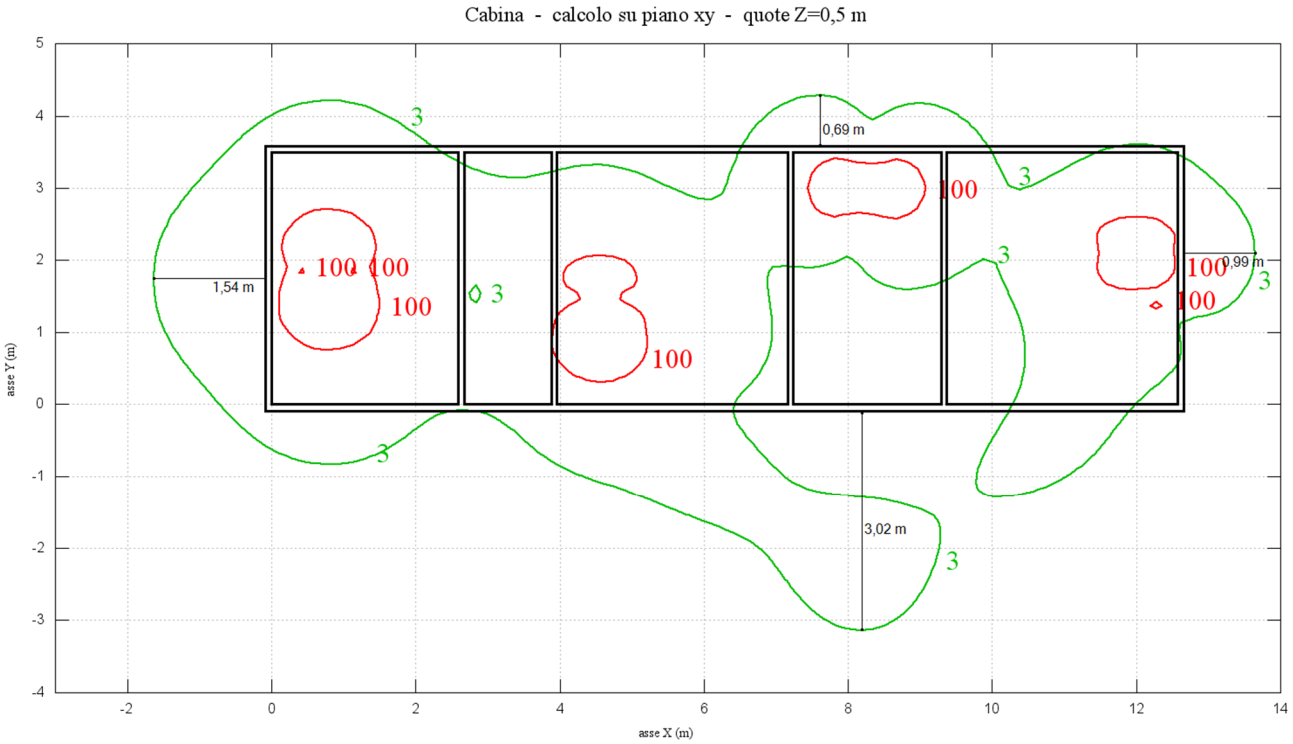


Figura 17 Curve isolivello d'induzione magnetica calcolate su un piano XY per z = 0,5 m

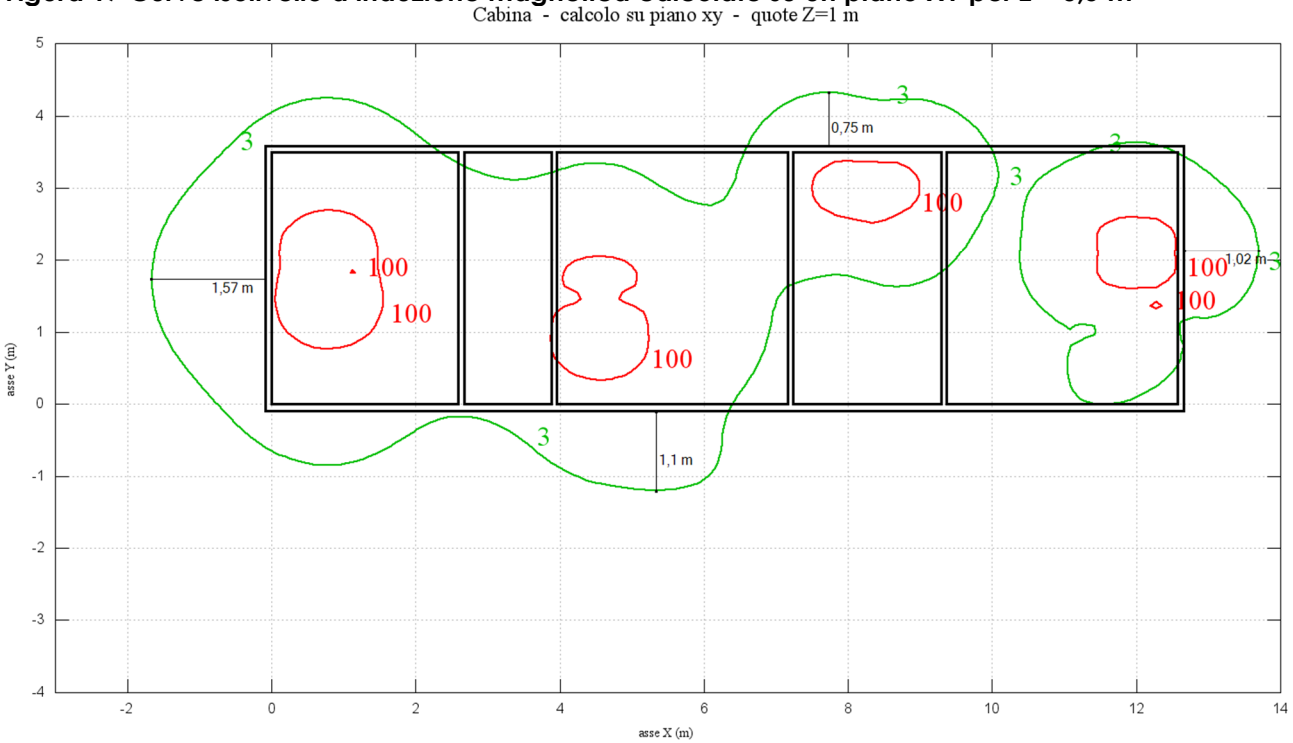


Figura 18 Curve isolivello d'induzione magnetica calcolate su un piano XY per z = 1,0 m

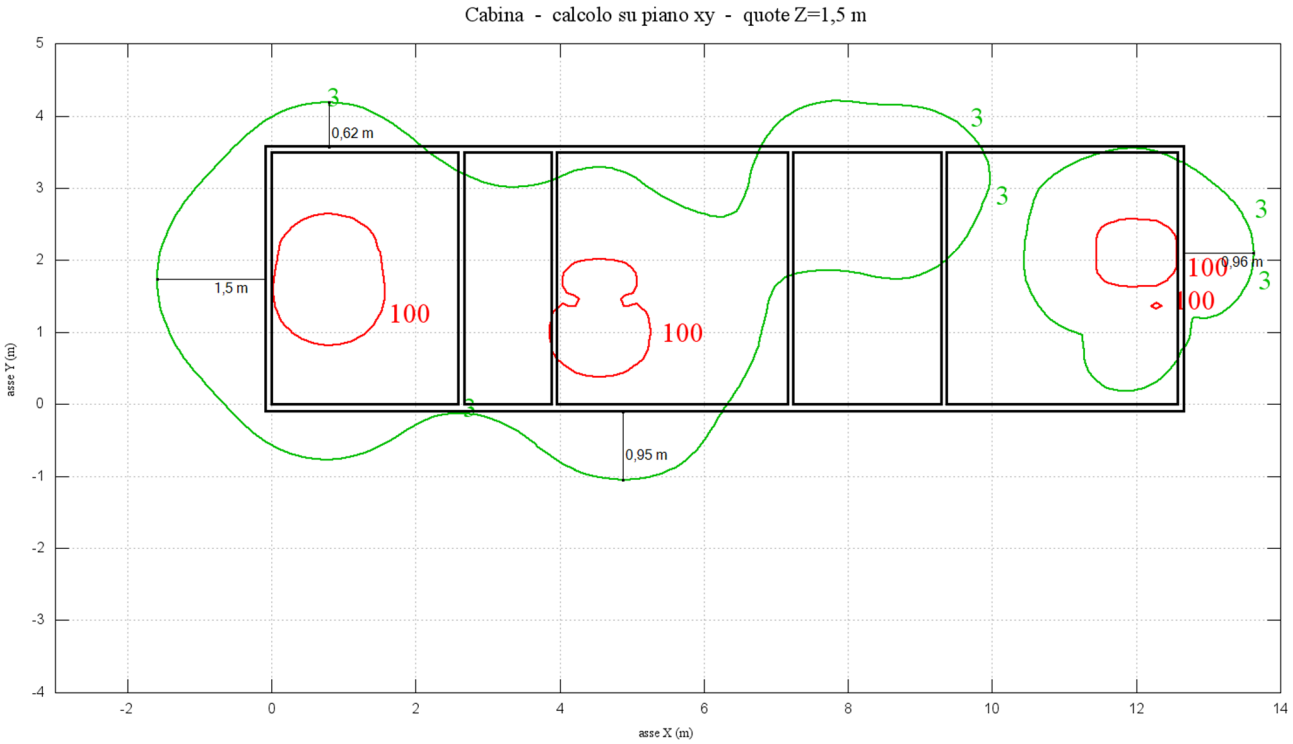


Figura 19 Curve isolivello d'induzione magnetica calcolate su un piano XY per z = 1,5 m

Nella Tabella 3 vengono riportate le DPA di Parete relative alle curve isolivello 3µT approssimate al metro successivo, relativa alla quota Z.

Tabella 3 DPA – Cabina DCC

Cabina	TR [kVA]	Curva isolivello [µT]	DPA Parete Nord [m]	DPA Parete Est [m]	DPA Parete Sud [m]	DPA Parete Ovest [m]
DCC	100	3	1,0	2,0	4,0	2,0
		100	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.

4.4 Osservazioni

Ponendo in analisi le curve isolivello ottenute e le DPA di Parete definite, con i limiti spaziali definiti al paragrafo 4.2 , si può evidenziare che:

Il limite istantaneo 100uT risulta rispettato in tutte le aree asterne limitrofe alla cabina elettrica.

L'obiettivo di qualità 3uT ha un'estensione di qualche metro nell'intorno della cabina elettrica, ma tali estroflessioni non coinvolgono aree dove risultano presenti recettori sensibili stanzianti per più di 4 ore consecutive giornaliere.

A valle di tali considerazioni, qualsiasi violazione dei vincoli precedentemente elencati o variazione di caratteristiche elettriche e/o geometriche potrebbe determinare una variazione dei risultati ottenuti dalle simulazioni.

Questa valutazione di impatto ambientale fa riferimento esclusivamente alle apparecchiature presenti all'interno della cabina elettrica, senza considerare le dorsali MT in uscita e le dorsali BT in ingresso dalla stessa.
Le dorsali MT, in uscita dalle cabine elettriche saranno trattate in un apposito paragrafo dedicato.

5 CABINA IN SERVIZIO AL DATA CENTER D (DCD)

5.1 Layout architettonico

Nella Figura 20 si riporta la pianta della Cabina di trasformazione DCD e locali Areti di ricezione con indicazione della disposizione di alcuni dei componenti elettrici presenti all'interno della stessa.
Vengono definiti anche i punti cardinali di riferimento per questa specifica relazione, senza che gli stessi debbano coincidere con i reali punti cardinali terrestri.

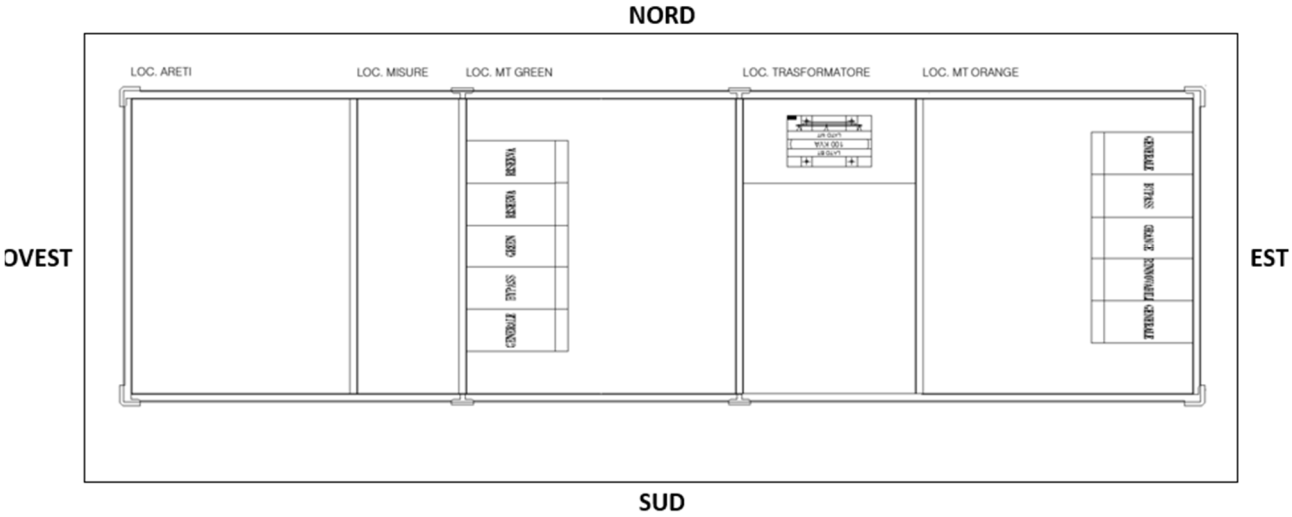


Figura 20 Pianta del locale Cabina di trasformazione DCD + locali di ricezione Areti

Le apparecchiature elettriche presenti nella Cabina, caratterizzate da valori di corrente non trascurabili ai fini delle valutazioni del campo magnetico, sono:

- n.1 Trasformatore MT/BT da 100kVA 0,4/20kV isolato in resina;
- n.3 Quadri generali di media tensione (quello del locale Areti è stato cautelativamente ipotizzato);
- n.3 Linee MT di collegamento tra quadro di media tensione e trasformatore, di collegamento tra il QMT Green e il QMT Orange e di collegamento tra il QMT di ricezione Areti e il QMT Green;
- n.4 Tratta iniziale delle Dorsali MT in uscita dai quadri di media verso il Data Center D.

NOTA: Come da indicazioni fornite dalla committenza per il presente studio la Cabina DCD è da intendersi identica alla Cabina DCA.

5.2 Definizione dei limiti di esposizione nei locali circostanti

In riferimento alla normativa vigente dovranno essere valutati i seguenti limiti:
Oltre il confine di proprietà:

- **100 µT esposizione istantanea**, valore imposto dal DPCM 8 Luglio 2003 – Art. 3;
- **3 µT obiettivo di qualità** imposto dal DPCM 8 Luglio 2003 – Art. 4 nella progettazione di nuovi elettrodotti in corrispondenza di aree gioco per l'infanzia, di ambienti abitativi, di ambienti scolastici e di luoghi adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore e nella progettazione dei nuovi insediamenti e delle nuove aree di cui sopra in prossimità di linee ed installazioni elettriche già presenti nel territorio, ai fini della progressiva minimizzazione dell'esposizione ai campi elettrici e magnetici generati dagli elettrodotti operanti alla frequenza di 50 Hz negli ambienti ad esposizione prolungata di persone (superiore alle quattro ore giornaliere).

All'interno dell'area del Data Center e della stessa proprietà:
Dalle informazioni ricevute dalla committenza, esistono aree interne alla proprietà accessibili anche a lavoratori non professionalmente esposti e clienti esterni. In particolare, vi saranno locali o aree con possibilità di stazionamento di persone, motivo per cui all'interno di tali zone il limite da rispettare risulterà sia quello istantaneo, sia l'obiettivo di qualità 3 µT relativo ad aree con permanenza di lavoratori per più di 4 ore consecutive.
Tali aree sono individuabili unicamente all'interno degli edifici Data Center.
Per quanto riguarda gli spazi verdi interni alla proprietà Aruba, si definisce che gli stessi non siano fruibili da bambini o da popolazione che possa stanziarvi per più di 4 ore consecutive giornaliere.

5.3 Modellazione

Nelle Figure 21 e 22 viene presentato il layout della cabina elettrica mediante il software di calcolo tridimensionale MAGIC®, utilizzato per valutare l'induzione magnetica generata dai componenti elettrici, presenti nel locale oggetto di analisi. Il software permette di effettuare delle simulazioni considerando la tridimensionalità dei singoli dispositivi elettrici ed una sovrapposizione dei loro effetti in termini di induzione magnetica. La tipologia di apparecchiature utilizzate nella simulazione MAGIC® sarà la più vicina possibile alla conformazione delle sorgenti reali, partendo dagli elementi standard modellabili all'interno del software stesso. In allegato alla presente relazione si fornisce il documento di validazione del software attraverso un confronto con software già esistenti e con rilievi sperimentali.

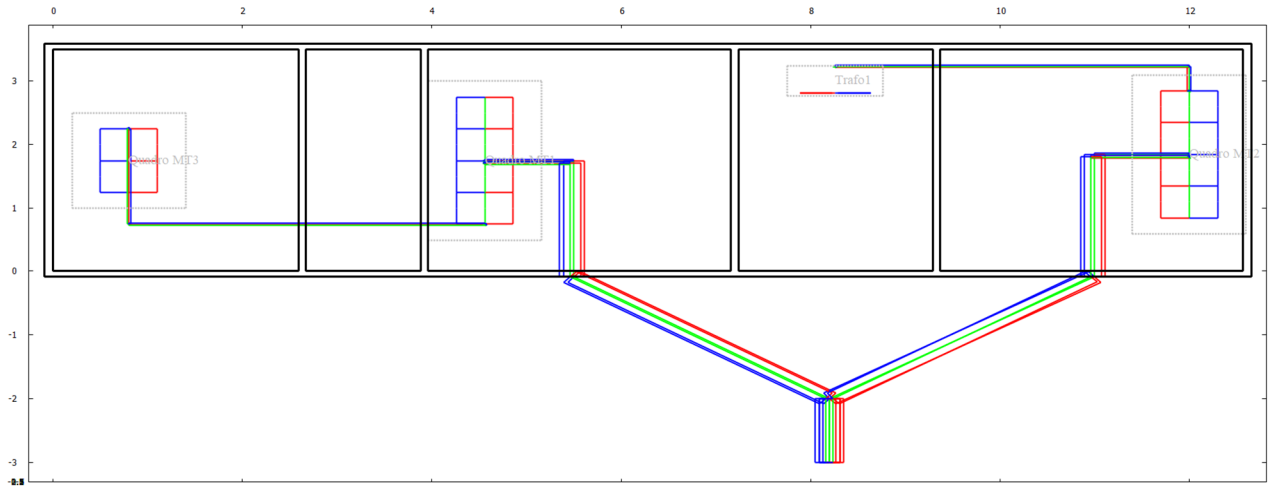


Figura 21 Layout del locale Cabina di trasformazione DCD + locali di ricezione Areti – vista 2D

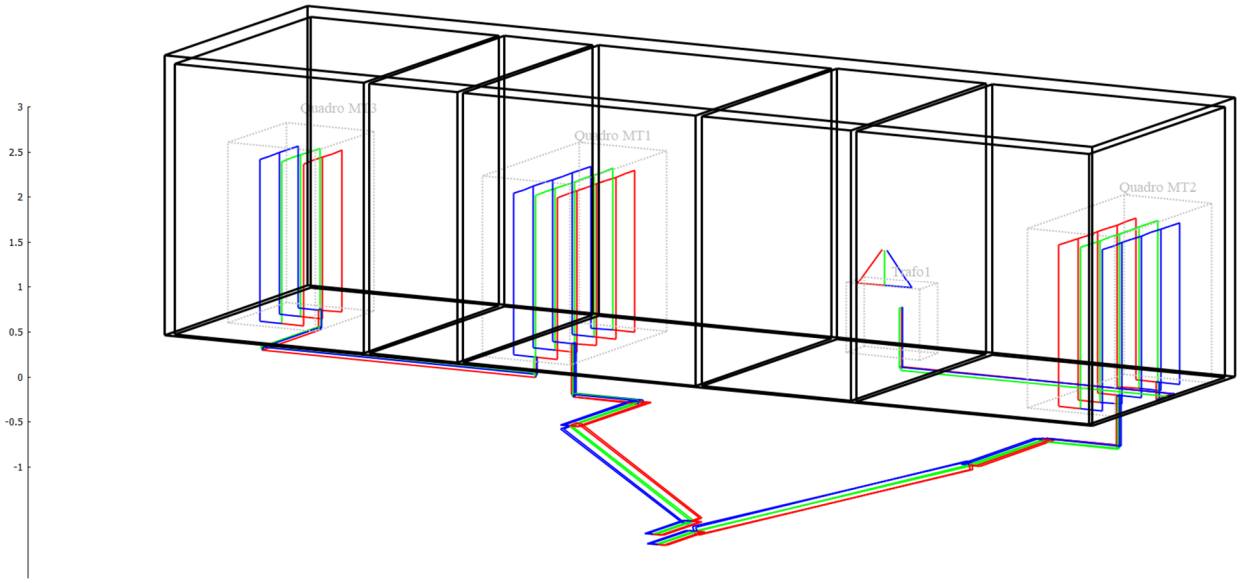


Figura 22 Layout del locale Cabina di trasformazione DCD + locali di ricezione Areti – vista 3D

Di seguito vengono analizzati i valori di induzione magnetica generati dalla cabina elettrica in assenza di schermatura con quote utili alla determinazione delle DPA, nelle aree attigue la stessa.
Nelle successive Figure vengono presentate le curve isolivello che riportano i valori di induzione magnetica, in µT, calcolati su diversi piani XY (paralleli al pavimento del locale Cabina MT/BT) per le seguenti quote:
z = 0,5 corrispondente ad una quota di 0,5 metri a partire dal pavimento della cabina (Figura 23);
z = 1,0 corrispondente ad una quota di 1,0 metro a partire dal pavimento della cabina (Figura 24);
z = 1,5 corrispondente ad una quota di 1,5 metri a partire dal pavimento della cabina (Figura 25).

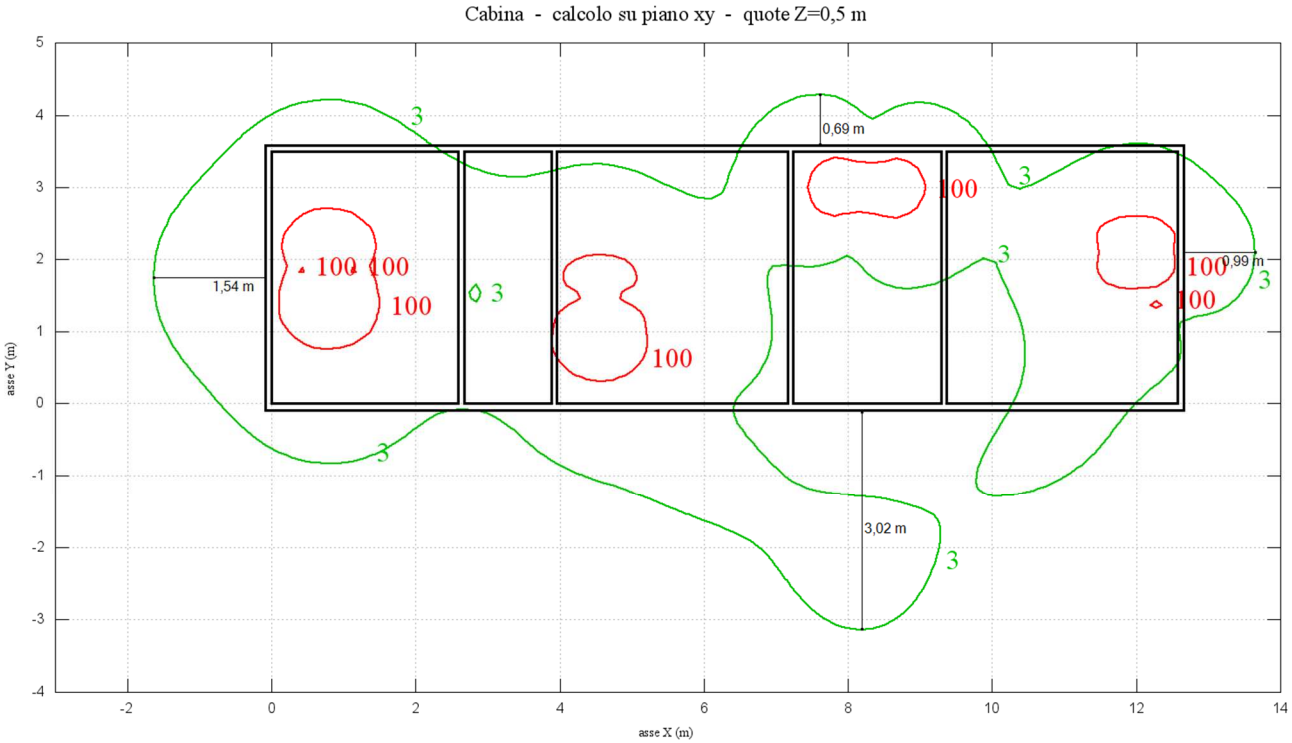


Figura 23 Curve isolivello d'induzione magnetica calcolate su un piano XY per z = 0,5 m

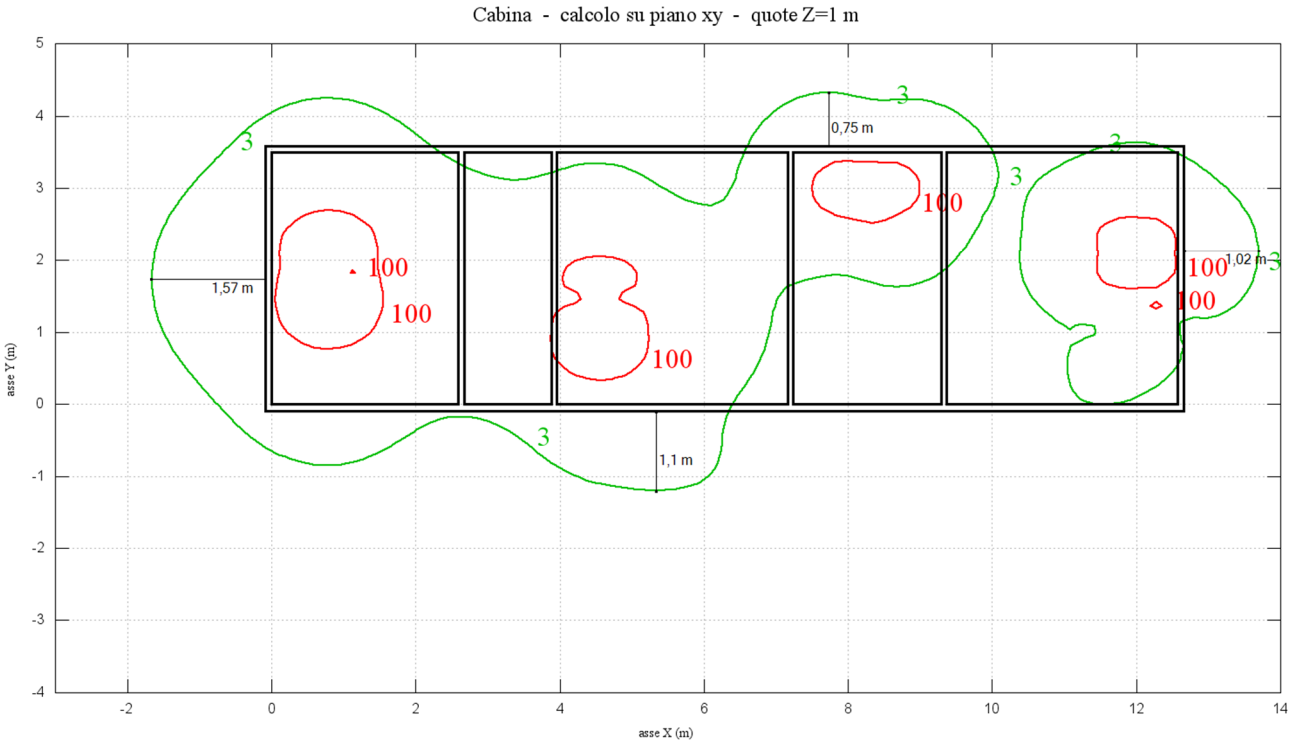


Figura 24 Curve isolivello d'induzione magnetica calcolate su un piano XY per z = 1,0 m

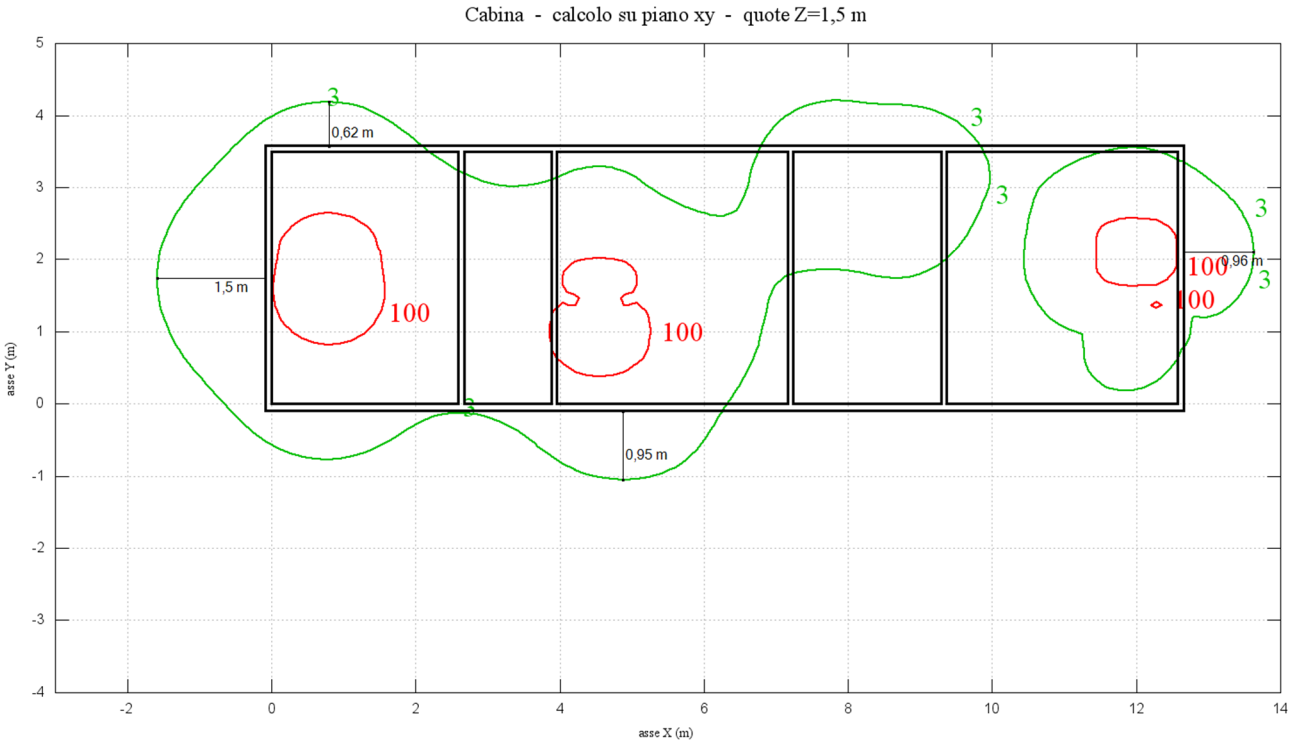


Figura 25 Curve isolivello d'induzione magnetica calcolate su un piano XY per z = 1,5 m

Nella Tabella 4 vengono riportate le DPA di Parete relative alle curve isolivello 3µT approssimate al metro successivo, relativa alla quota Z.

Tabella 4 DPA – Cabina DCD

Cabina	TR [kVA]	Curva isolivello [µT]	DPA Parete Nord [m]	DPA Parete Est [m]	DPA Parete Sud [m]	DPA Parete Ovest [m]
DCD	100	3	1,0	2,0	4,0	2,0
		100	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.

5.4 Osservazioni

Ponendo in analisi le curve isolivello ottenute e le DPA di Parete definite, con i limiti spaziali definiti al paragrafo 5.2, si può evidenziare che:

Il limite istantaneo 100uT risulta rispettato in tutte le aree asterne limitrofe alla cabina elettrica.

L'obiettivo di qualità 3uT ha un'estensione di qualche metro nell'intorno della cabina elettrica, ma tali estroflessioni non coinvolgono aree dove risultano presenti recettori sensibili stanzianti per più di 4 ore consecutive giornaliere.
A valle di tali considerazioni, qualsiasi violazione dei vincoli precedentemente elencati o variazione di caratteristiche elettriche e/o geometriche potrebbe determinare una variazione dei risultati ottenuti dalle simulazioni.
Questa valutazione di impatto ambientale fa riferimento esclusivamente alle apparecchiature presenti all'interno della cabina elettrica, senza considerare le dorsali MT in uscita e le dorsali BT in ingresso dalla stessa.
Le dorsali MT, in uscita dalle cabine elettriche saranno trattate in un apposito paragrafo dedicato.

6 CABINA IN SERVIZIO AL DATA CENTER E (DCE)

6.1 Layout architettonico

Nella Figura 26 si riporta la pianta della Cabina di trasformazione DCE e locali Areti di ricezione con indicazione della disposizione di alcuni dei componenti elettrici presenti all'interno della stessa.
Vengono definiti anche i punti cardinali di riferimento per questa specifica relazione, senza che gli stessi debbano coincidere con i reali punti cardinali terrestri.

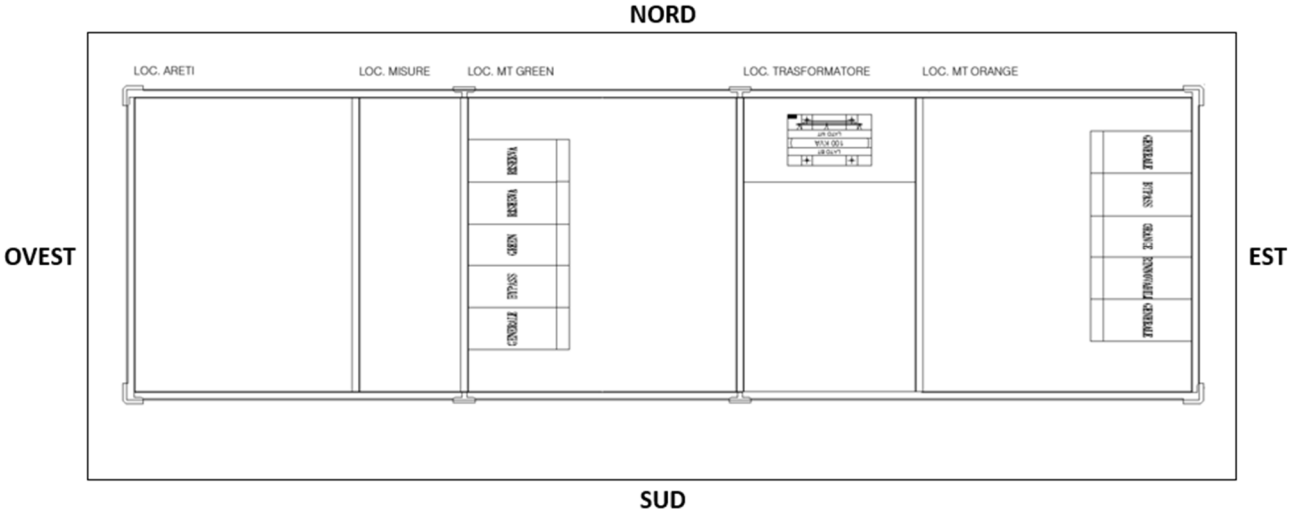


Figura 26 Pianta del locale Cabina di trasformazione DCE + locali di ricezione Areti

Le apparecchiature elettriche presenti nella Cabina, caratterizzate da valori di corrente non trascurabili ai fini delle valutazioni del campo magnetico, sono:

- n.1 Trasformatore MT/BT da 100kVA 0,4/20kV isolato in resina;
- n.3 Quadri generali di media tensione (quello del locale Areti è stato cautelativamente ipotizzato);
- n.3 Linee MT di collegamento tra quadro di media tensione e trasformatore, di collegamento tra il QMT Green e il QMT Orange e di collegamento tra il QMT di ricezione Areti e il QMT Green;
- n.4 Tratta iniziale delle Dorsali MT in uscita dai quadri di media verso il Data Center E.

NOTA: <u>Come da indicazioni fornite dalla committenza per il presente studio la Cabina DCE è da intendersi identica alla Cabina DCA.</u>

6.2 Definizione dei limiti di esposizione nei locali circostanti

In riferimento alla normativa vigente dovranno essere valutati i seguenti limiti:
Oltre il confine di proprietà:

- **100 µT esposizione istantanea**, valore imposto dal DPCM 8 Luglio 2003 – Art. 3;
- **3 µT obiettivo di qualità** imposto dal DPCM 8 Luglio 2003 – Art. 4 nella progettazione di nuovi elettrodotti in corrispondenza di aree gioco per l'infanzia, di ambienti abitativi, di ambienti scolastici e di luoghi adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore e nella progettazione dei nuovi insediamenti e delle nuove aree di cui sopra in prossimità di linee ed installazioni elettriche già presenti nel territorio, ai fini della progressiva minimizzazione dell'esposizione ai campi elettrici e magnetici generati dagli elettrodotti operanti alla frequenza di 50 Hz negli ambienti ad esposizione prolungata di persone (superiore alle quattro ore giornaliere).

All'interno dell'area del Data Center e della stessa proprietà:
Dalle informazioni ricevute dalla committenza, esistono aree interne alla proprietà accessibili anche a lavoratori non professionalmente esposti e clienti esterni. In particolare, vi saranno locali o aree con possibilità di stazionamento di persone, motivo per cui all'interno di tali zone il limite da rispettare risulterà sia quello istantaneo, sia l'obiettivo di qualità 3 µT relativo ad aree con permanenza di lavoratori per più di 4 ore consecutive.

Tali aree sono individuabili unicamente all'interno degli edifici Data Center.
Per quanto riguarda gli spazi verdi interni alla proprietà Aruba, si definisce che gli stessi non siano fruibili da bambini o da popolazione che possa stanziarvi per più di 4 ore consecutive giornaliere.

6.3 Modellazione

Nelle Figure 27 e 28 viene presentato il layout della cabina elettrica mediante il software di calcolo tridimensionale MAGIC®, utilizzato per valutare l'induzione magnetica generata dai componenti elettrici, presenti nel locale oggetto di analisi. Il software permette di effettuare delle simulazioni considerando la tridimensionalità dei singoli dispositivi elettrici ed una sovrapposizione dei loro effetti in termini di induzione magnetica. La tipologia di apparecchiature utilizzate nella simulazione MAGIC® sarà la più vicina possibile alla conformazione delle sorgenti reali, partendo dagli elementi standard modellabili all'interno del software stesso. In allegato alla presente relazione si fornisce il documento di validazione del software attraverso un confronto con software già esistenti e con rilievi sperimentali.

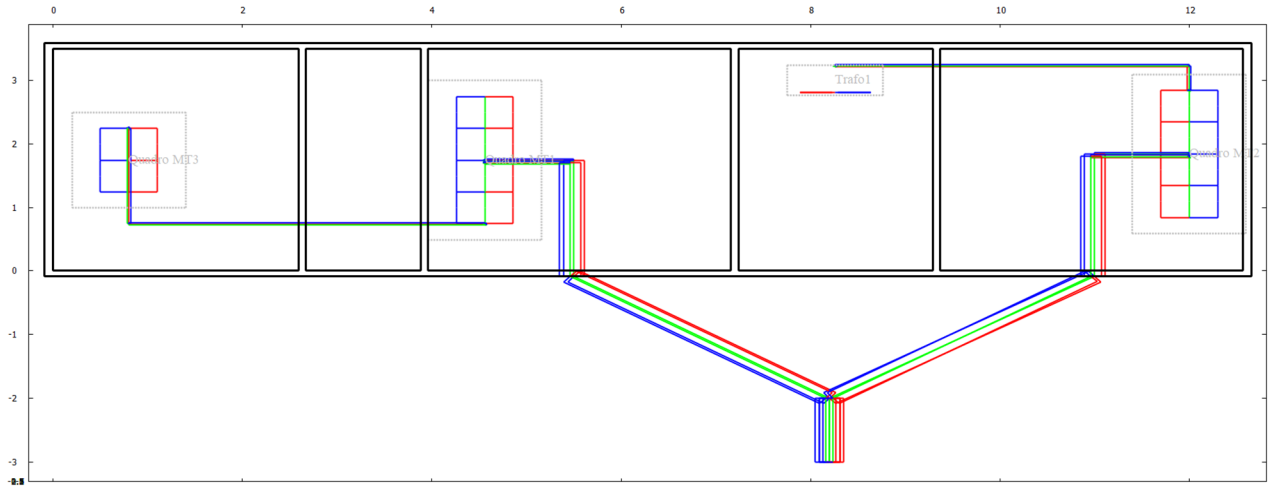


Figura 27 Layout del locale Cabina di trasformazione DCE + locali di ricezione Areti – vista 2D

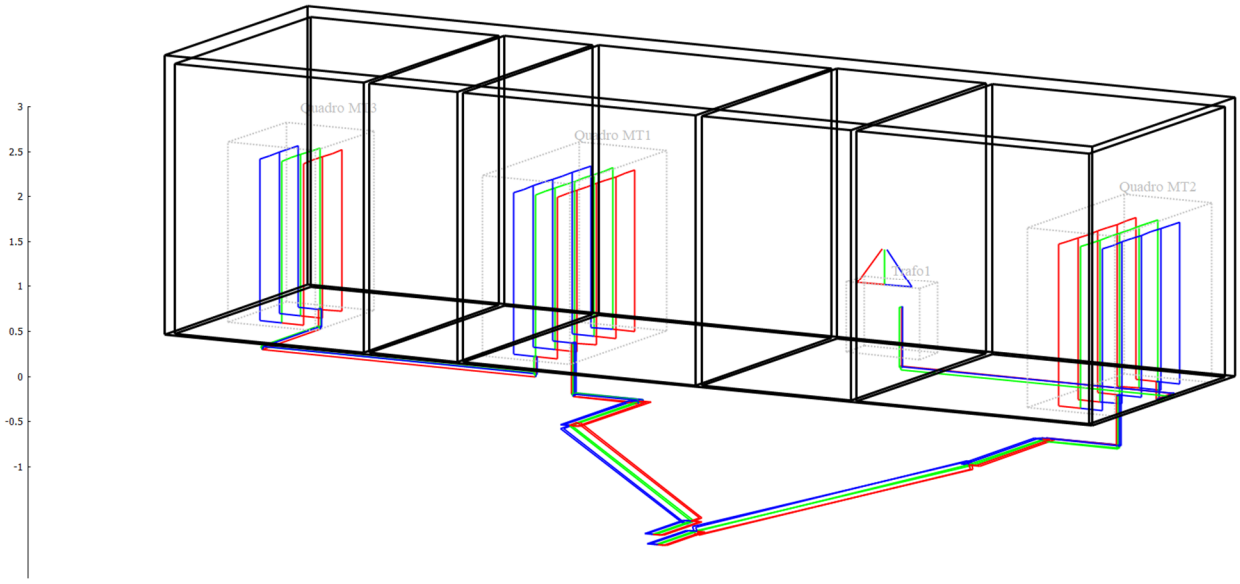


Figura 28 Layout del locale Cabina di trasformazione DCE + locali di ricezione Areti – vista 3D

Di seguito vengono analizzati i valori di induzione magnetica generati dalla cabina elettrica in assenza di schermatura con quote utili alla determinazione delle DPA, nelle aree attigue la stessa.
Nelle successive Figure vengono presentate le curve isolivello che riportano i valori di induzione magnetica, in µT, calcolati su diversi piani XY (paralleli al pavimento del locale Cabina MT/BT) per le seguenti quote:
z = 0,5 corrispondente ad una quota di 0,5 metri a partire dal pavimento della cabina (Figura 29);
z = 1,0 corrispondente ad una quota di 1,0 metro a partire dal pavimento della cabina (Figura 30);
z = 1,5 corrispondente ad una quota di 1,5 metri a partire dal pavimento della cabina (Figura 31).

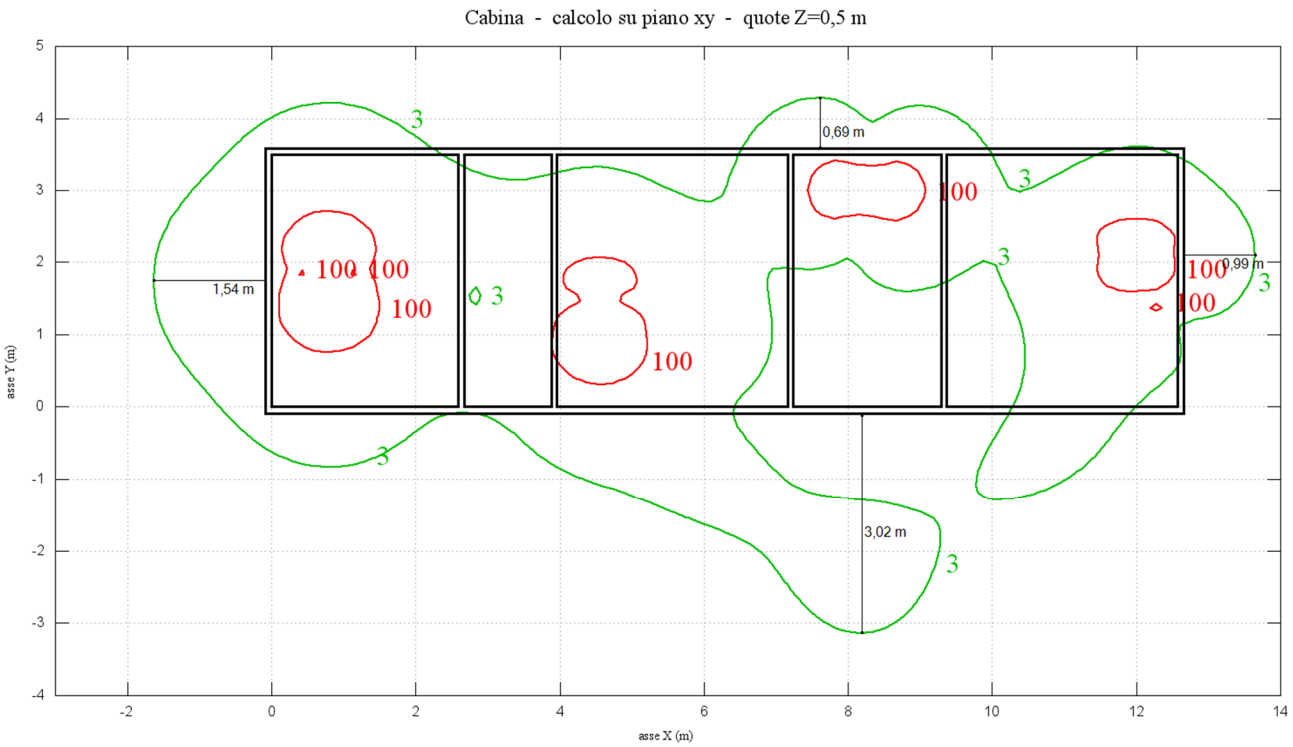


Figura 29 Curve isolivello d'induzione magnetica calcolate su un piano XY per z = 0,5 m

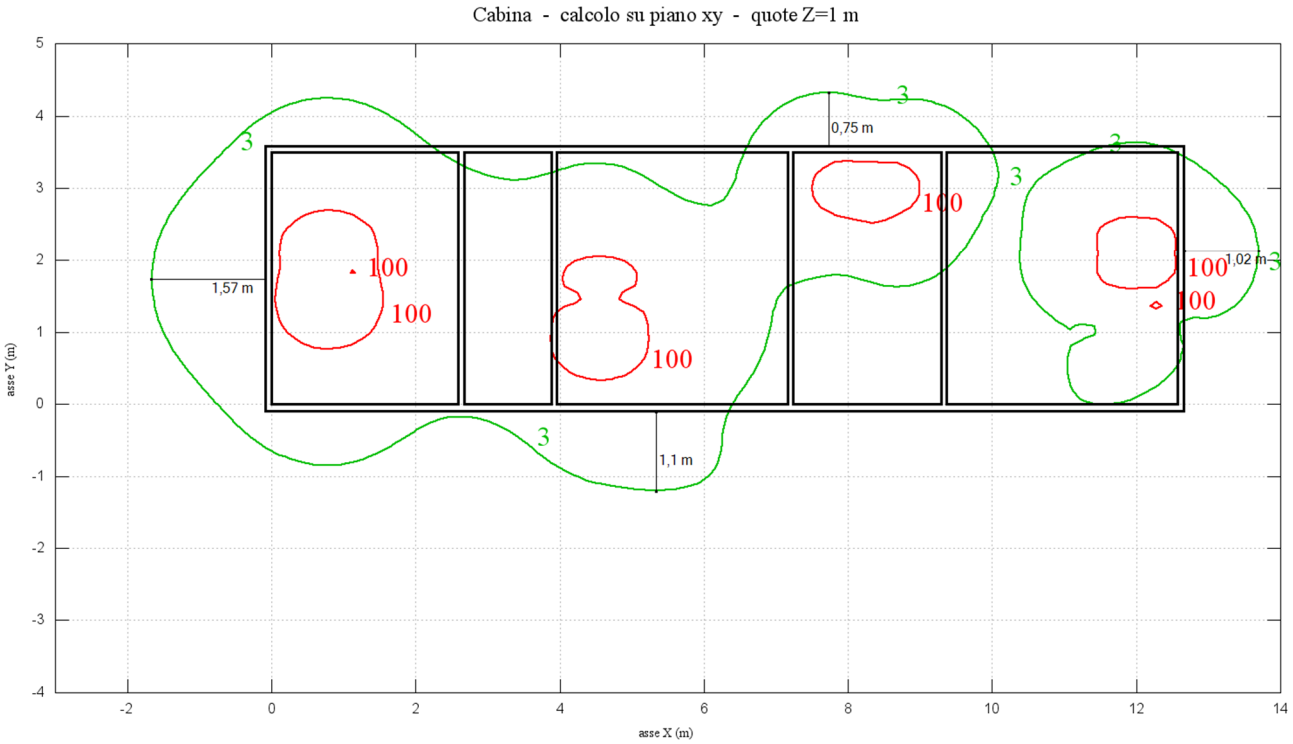


Figura 30 Curve isolivello d'induzione magnetica calcolate su un piano XY per z = 1,0 m

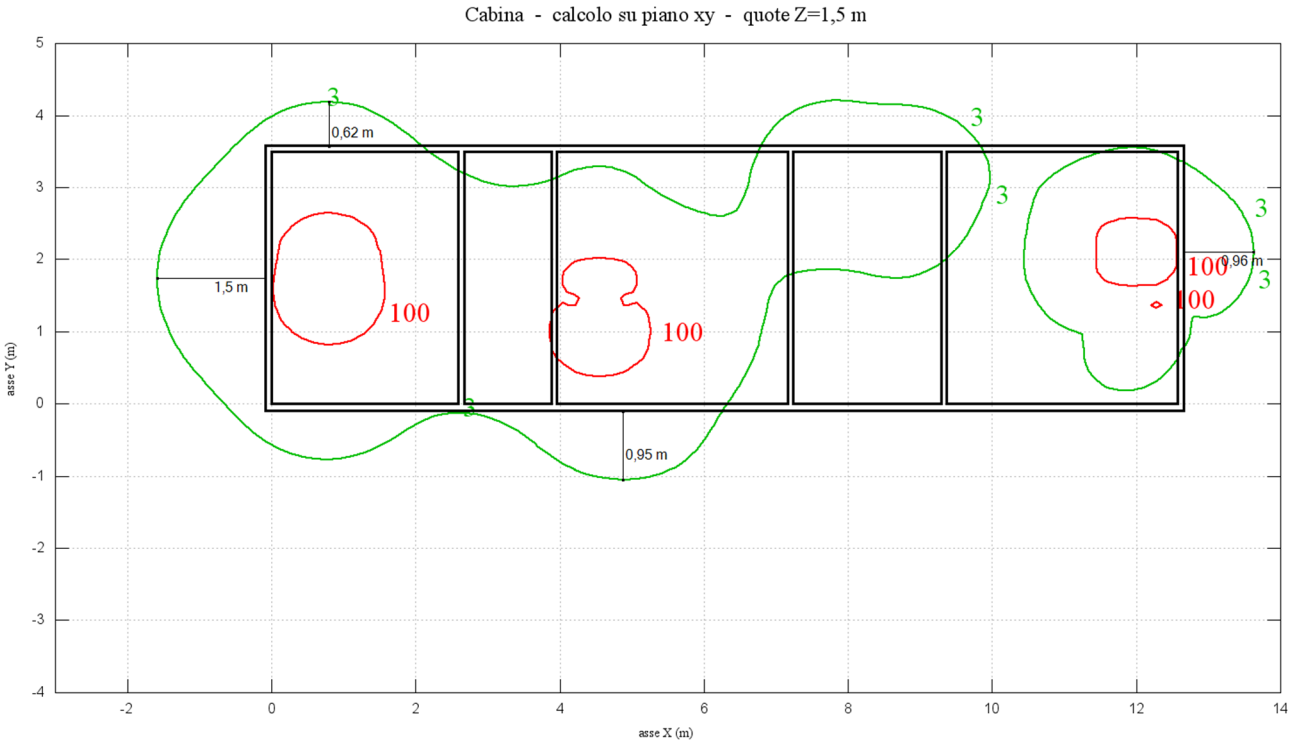


Figura 31 Curve isolivello d'induzione magnetica calcolate su un piano XY per z = 1,5 m

Nella Tabella 1 vengono riportate le DPA di Parete relative alle curve isolivello 3µT approssimate al metro successivo, relativa alla quota Z.

Tabella 5 DPA – Cabina DCE

Cabina	TR [kVA]	Curva isolivello [µT]	DPA Parete Nord [m]	DPA Parete Est [m]	DPA Parete Sud [m]	DPA Parete Ovest [m]
DCE	100	3	1,0	2,0	4,0	2,0
		100	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.

6.4 Osservazioni

Ponendo in analisi le curve isolivello ottenute e le DPA di Parete definite, con i limiti spaziali definiti al paragrafo 6.2, si può evidenziare che:

Il limite istantaneo 100uT risulta rispettato in tutte le aree esterne limitrofe alla cabina elettrica.

L'obiettivo di qualità 3uT ha un'estensione di qualche metro nell'intorno della cabina elettrica, ma tali estroflessioni non coinvolgono aree dove risultano presenti recettori sensibili stanzianti per più di 4 ore consecutive giornaliere.
A valle di tali considerazioni, qualsiasi violazione dei vincoli precedentemente elencati o variazione di caratteristiche elettriche e/o geometriche potrebbe determinare una variazione dei risultati ottenuti dalle simulazioni.
Questa valutazione di impatto ambientale fa riferimento esclusivamente alle apparecchiature presenti all'interno della cabina elettrica, senza considerare le dorsali MT in uscita e le dorsali BT in ingresso dalla stessa.
Le dorsali MT, in uscita dalle cabine elettriche saranno trattate in un apposito paragrafo dedicato.

7 DORSALI MT

7.1 Definizione dei limiti di esposizione nei locali circostanti

Si riportano di seguito le definizioni di DPA e Fdr relative ad un elettrodotto interrato.
Per **Fascia di rispetto (Fdr)** si intende lo spazio circostante un elettrodotto, che comprende tutti i punti, al di sopra e al di sotto del livello del suolo, caratterizzati da un'induzione magnetica di intensità maggiore o uguale all'obiettivo di qualità (3 µT).
Per **Distanza di Prima Approssimazione (DPA)** si intende la distanza, in pianta sul livello del suolo, dalla proiezione del centro linea che garantisce che ogni punto la cui proiezione al suolo disti, dalla proiezione del centro linea più della DPA si trovi all'esterno delle fasce di rispetto.
Lo strumento di analisi (software MAGIC) utilizzato per la determinazione dei campi magnetici indotti delle linee interrate consente di plottare graficamente le curve isolivello relative all'induzione

magnetica. Plottando la curva isolivello dei 3μT e 100μT si otterrà in automatico la fascia di rispetto e si potranno valutare la DPA e le varie intersezioni con eventuali piani paralleli al suolo.
In riferimento alla normativa vigente dovranno essere valutati i seguenti limiti:
Oltre il confine di proprietà:

- **100 μT esposizione istantanea**, valore imposto dal DPCM 8 Luglio 2003 – Art. 3;
- **3 μT obiettivo di qualità** imposto dal DPCM 8 Luglio 2003 – Art. 4 nella progettazione di nuovi elettrodotti in corrispondenza di aree gioco per l'infanzia, di ambienti abitativi, di ambienti scolastici e di luoghi adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore e nella progettazione dei nuovi insediamenti e delle nuove aree di cui sopra in prossimità di linee ed installazioni elettriche già presenti nel territorio, ai fini della progressiva minimizzazione dell'esposizione ai campi elettrici e magnetici generati dagli elettrodotti operanti alla frequenza di 50 Hz negli ambienti ad esposizione prolungata di persone (superiore alle quattro ore giornaliere).

All'interno dell'area del Data Center e della stessa proprietà:
Dalle informazioni ricevute dalla committenza, esistono aree interne alla proprietà accessibili anche a lavoratori non professionalmente esposti e clienti esterni. In particolare, vi saranno locali o aree con possibilità di stazionamento di persone, motivo per cui all'interno di tali zone il limite da rispettare risulterà sia quello istantaneo, sia l'obiettivo di qualità 3 μT relativo ad aree con permanenza di lavoratori per più di 4 ore consecutive.
Tali aree sono individuabili unicamente all'interno degli edifici Data Center, pertanto non interessati dai percorsi MT in analisi.
Per quanto riguarda gli spazi verdi interni alla proprietà Aruba, si definisce che gli stessi non siano fruibili da bambini o da popolazione che possa stanziarvi per più di 4 ore consecutive giornaliere.

7.2 Analisi delle linee MT interrate in assenza di opere di mitigazione

Per ogni tipologia della Linea MT interrata verrà data evidenza della sua disposizione geometrica in sezione, si passerà quindi alla rappresentazione della stessa mediante il software di calcolo tridimensionale MAGIC®, utilizzato per valutare l'induzione magnetica generata dalle Linee MT interrate. Il software permette di effettuare delle simulazioni considerando la tridimensionalità delle singole sorgenti elettriche ed una sovrapposizione dei loro effetti in termini di induzione magnetica. In allegato alla presente relazione si fornisce il documento di validazione del software attraverso un confronto con software già esistenti e con rilievi sperimentali.

Nella Figura 32 viene riportato una rappresentazione schematica delle Linee MT Green e Orange interrate, dove si simulano 4 terne di cavi MT unipolari (2 terne GR e 2 terne OR) di sezione 240mmq, interrati, transitanti in 6 corrugati di 110mm di cui 3 a profondità di 1,1m e 3 a 1,2m e attraversati da una corrente di 71A per terna MT.
La Corrente è stata dedotta sapendo che ogni Cabina sarà ubicata attigua da un locale Ricezione MT di Areti con una potenza apparente gestita di 9,9MVA, di conseguenza la corrente massima erogata sarà di circa 285A. Ipotizzando lo scenario peggiore, ovvero l'assorbimento massimo, ogni terna MT trasporterà circa 71A.

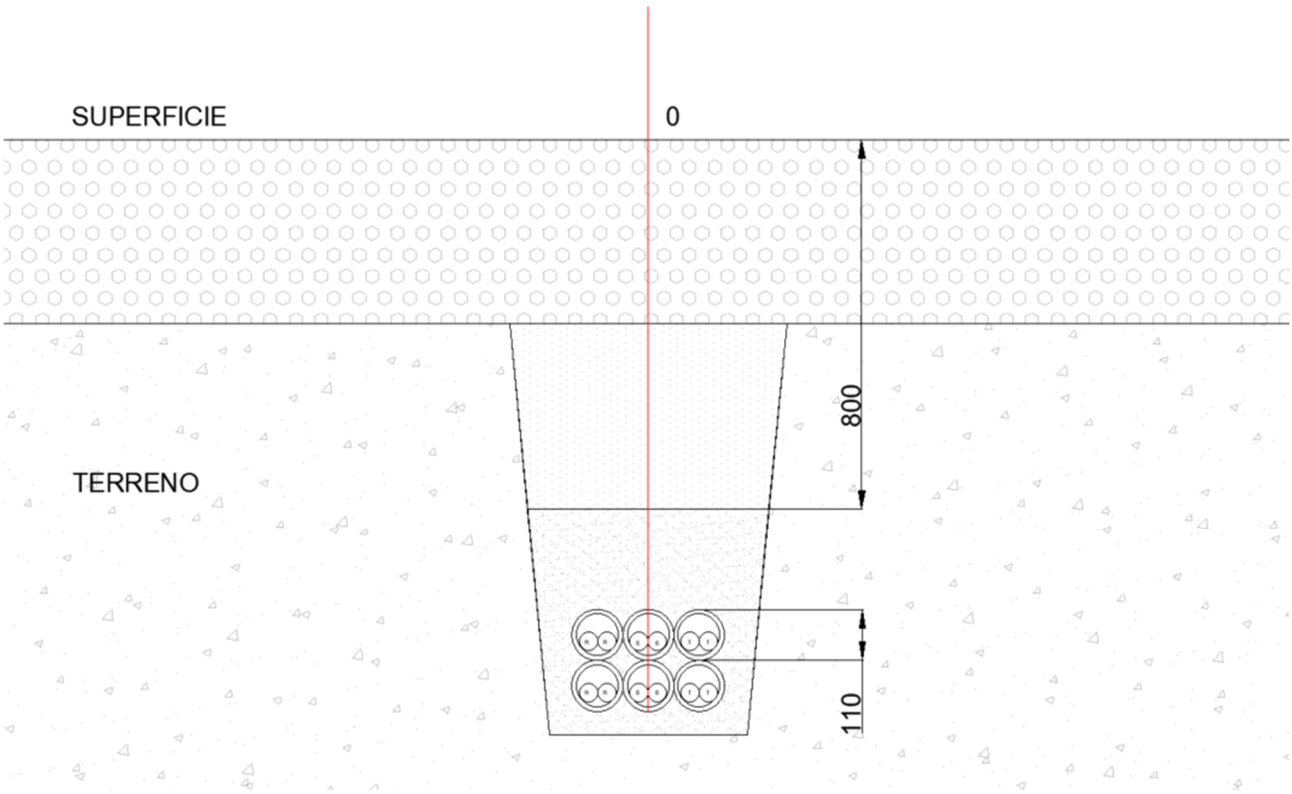


Figura 32 Rappresentazione Elettrodotto MT (Green e Orange), quote [mm]

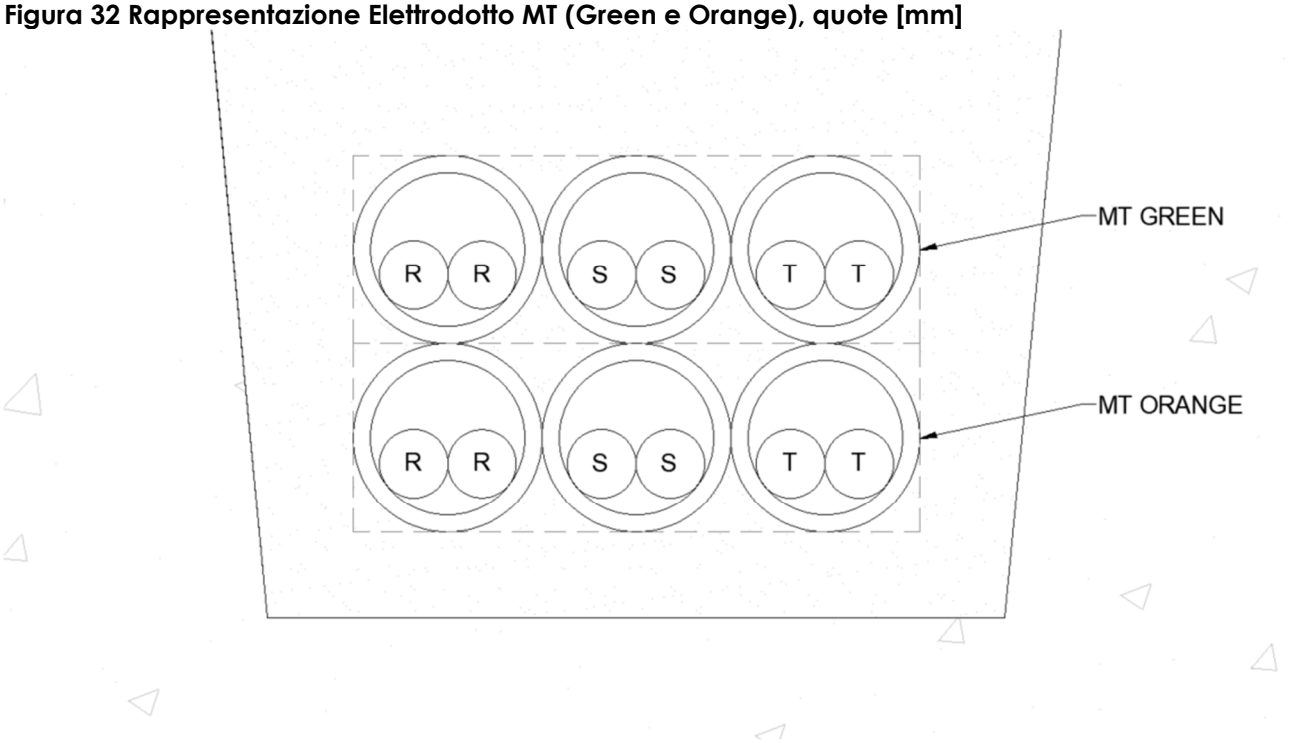


Figura 33 Dettaglio su posa delle dorsali MT

Attraverso il software MAGIC® si ottengono le curve isolivello dell'induzione magnetica delle Linee MT in analisi, tramite una vista in sezione sul piano XY (Figure 34 e 35). Le quote riportate in figura rappresentano la DPA e la Fdr0 con centro linea su x=0 (ossia il centro del cavidotto).

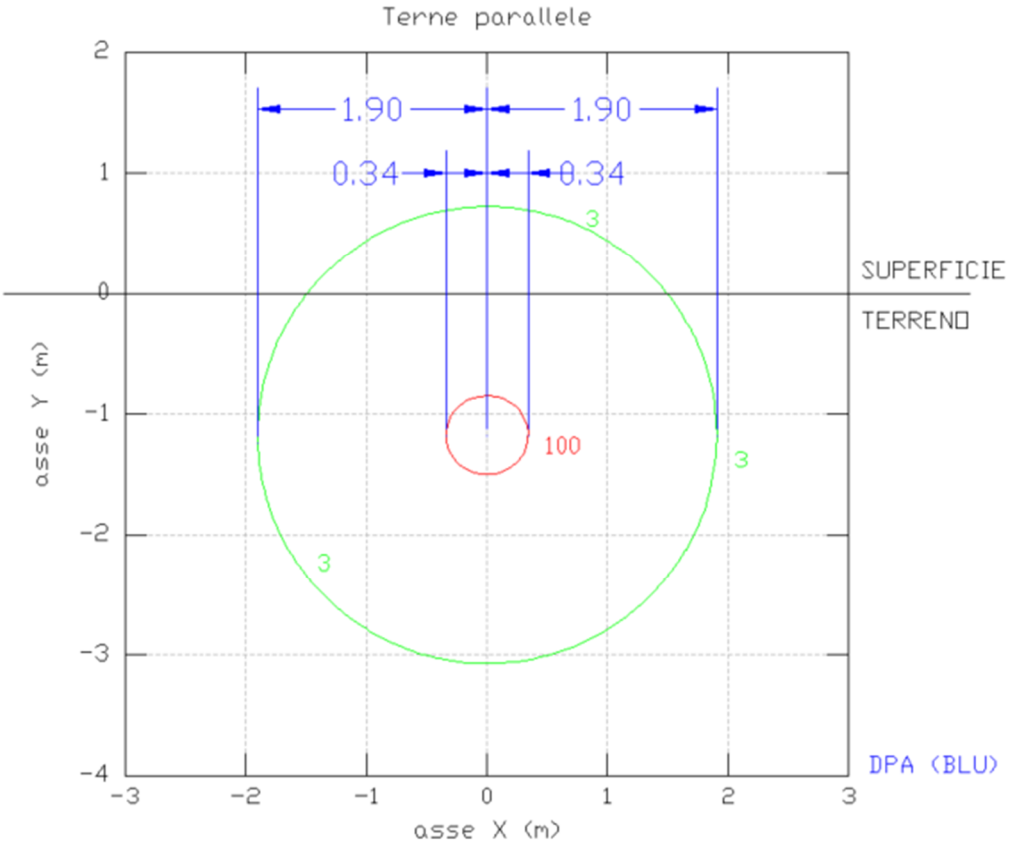


Figura 34 Curve isolivello Elettrodotto MT GR+OR con quote DPA

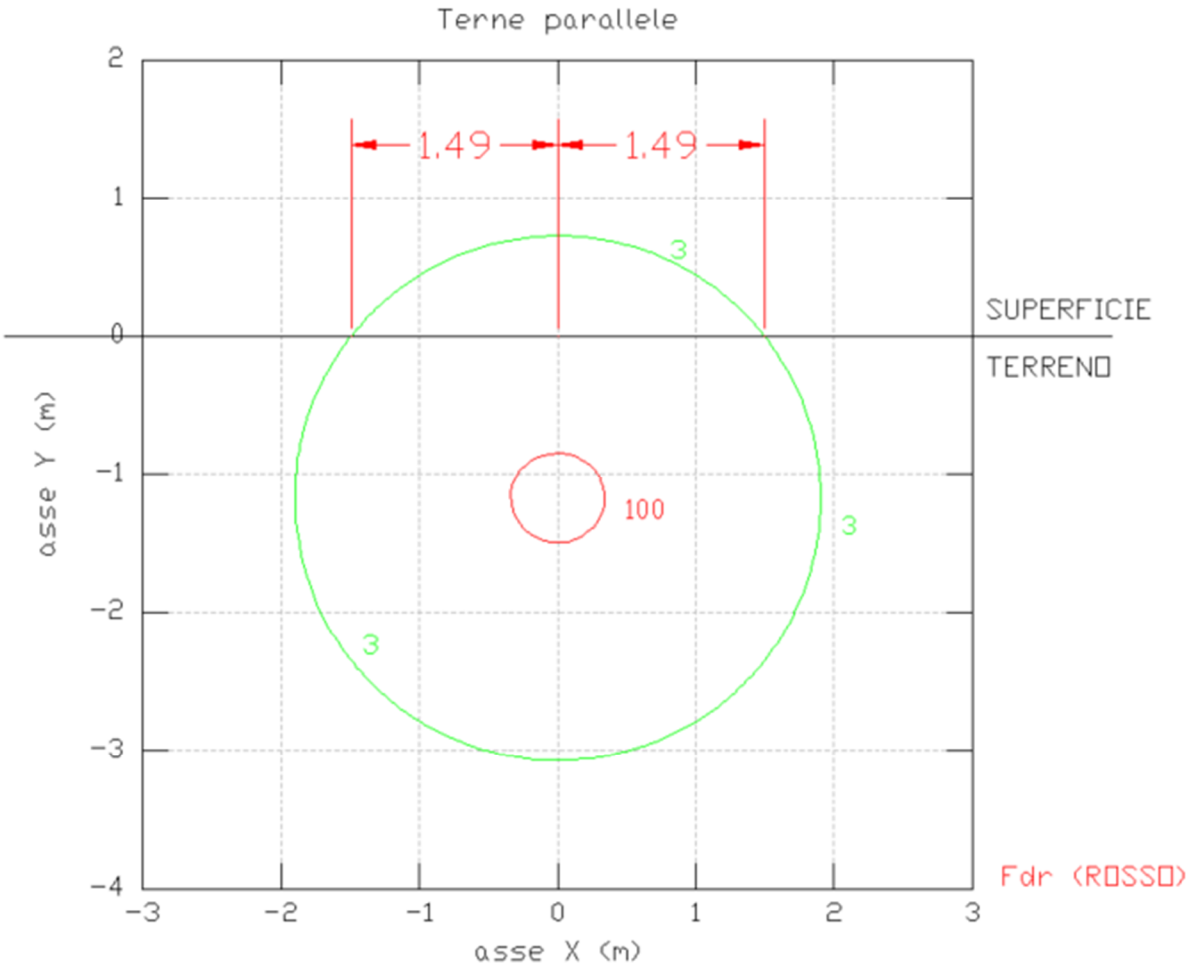


Figura 35 Curve isolivello Elettrodotto MT GR+OR con quote Fdr0

Tabella 6. DPA e Fasce di rispetto al suolo

Curva isolivello [µT]	DPA_{sx} [m]	DPA_{dx} [m]	$Fdr0_{sx}$ [m]	$Fdr0_{dx}$ [m]
3	2,00	2,00	2,00	2,00
100	1,00	1,00	N.C.	N.C.

Nella Tabella 6 vengono riportate le DPA e Fdr relative alle curve isolivello 3µT approssimate al metro successivo.

7.3 Osservazioni

<u>Ponendo in analisi le curve isolivello ottenute e le DPA e le Fdr delle linee MT interrate con i limiti spaziali definiti al paragrafo 7.1, si può evidenziare che:</u>

Il limite istantaneo 100uT risulta rispettato a livello della superficie.

L'obiettivo di qualità 3uT ha un'estensione di circa 2 metri a destra e sinistra rispetto al centro del cavidotto.
Tali estroflessioni non coinvolgono aree dove risultano presenti recettori sensibili stanzianti per più di 4 ore consecutive giornaliere.
A valle di tali considerazioni, qualsiasi violazione dei vincoli precedentemente elencati o variazione di caratteristiche elettriche e/o geometriche potrebbe determinare una variazione dei risultati ottenuti dalle simulazioni.

8 CONCLUSIONI

Per ciascuna delle sorgenti oggetto di modellazione sono riportate le **fasce di rispetto** richieste per l'induzione magnetica (obiettivo di qualità), avendo chiarito l'irrilevanza dei livelli di campo elettrico per il caso di specie.

Le curve isolivello pari all'**obiettivo di qualità** 3μT, **non intersecano recettori sensibili** presso i quali tale soglia risulta esigibile, escludendo pertanto fabbricati senza possibilità di stazionamento oltre le 4 ore consecutive. Tale assunto è documentato dalle simulazioni condotte sia sulle 5 cabine di ricezione, sia per i cavidotti interrati, ad oggi noti.

Il limite istantaneo 100μT, risulta contenuto all'interno delle cabine elettriche DCA-DCC-DCD-DCE.
Relativamente alla cabina DCB, per la quale il limite istantaneo non risulterebbe rispettato, nel documento sono illustrati gli interventi di mitigazione previsti da progetto in grado di garantire il rispetto di tale soglia. Tali indicazioni, come noto, prescindono della presente analisi in quanto coinvolgono ambiti non considerati "recettori".

Nota:
In allegato alla presente e come parte integrante della stessa, è stato inserito il documento di validazione del software MAGIC, utilizzato per le simulazioni dei campi magnetici indotti.

Ing. Massimiliano Seren Tha

ORDINE DEGLI INGEGNERI DELLA PROVINCIA DI TORINO
Dott. Ing.
MASSIMILIANO
SEREN THA
n° 8869 F

Allegato 1: Documento di Validazione - Algoritmi di calcolo del software MAGIC® (MAGnetic Induction Calculation)

-

Documento di Validazione

Algoritmi di calcolo del software MAGIC®
(**MAG**netic **I**nduction **C**alculation)

Revisione	Data	Elaborato	Approvato
06	29/06/2021	F.M.M.	S.G.
00 Emissione	07/01/2014	D.B.	M.M.

Sommario

1. Premessa 1
2. Verifica del modulo bidimensionale 2
   2.1. Confronto con CEI 211-04 2
   2.2. Confronto con codice CESI 2
3. Verifica del modulo tridimensionale 6
   3.1. Campo prodotto da un segmento finito arbitrariamente orientato 6
   3.2. Validazione sperimentale del modulo tridimensionale 7
4. Verifica del modulo tridimensionale:trasformatore di potenza 8
   4.1. Verifica del modello MAGIC® della singola colonna del trasformatore con modello FEM (Finite Element Method) 8
   4.2. Verifica del modello MAGIC® del trasformatore completo con misure sperimentali 10
5. Conclusioni 12

1. Premessa

Il presente documento riporta le verifiche funzionali del software MAGIC® attraverso il confronto con software già esistenti e di comprovata validità e con rilievi sperimentali.

Il confronto si sviluppa in tre parti:

1) verifica del modulo bidimensionale
2) verifica del modulo tridimensionale
3) verifica del modulo tridimensionale di configurazioni impiantistiche con particolare riferimento al trasformatore di potenza

Le principali caratteristiche del software MAGIC® sono:

a) software bi-tridimensionale
b) integrazione della formula di Biot-Savart
c) dominio infinito (nessuna condizione al contorno necessaria)
d) trascurati effetti di mitigazione del campo dovuto a schermatura di fatto (analisi conservativa)
e) sovrapposizione degli effetti
f) analisi in regime simbolico (calcolo dei moduli e delle fasi)

Il software è stato sviluppato da tecnici specializzati con la collaborazione e la supervisione di docenti e ricercatori del Politecnico di Torino – Dipartimento Energia (prof. Aldo Canova e Ing. Luca Giaccone).

2. Verifica del modulo bidimensionale

La verifica del modulo bidimesionale è stata condotta mediante confronto con la formulazione analitica, come indicato dalla CEI 211-04, e mediante confronto con un codice di calcolo sviluppato dal CESI.

2.1. Confronto con CEI 211-04

Una possibile validazione del programma utilizzato può essere effettuata confrontando il campo calcolato con il programma stesso e quello calcolato per via analitica, secondo le norma CEI 211-4 paragrafo 4.3, su di un caso in cui questa seconda procedura è applicabile in modo esatto. Tale caso si riferisce ad un sistema di conduttori rettilinei, paralleli e indefiniti.

Sotto queste ipotesi l'induzione magnetica B è data dall'espressione:

$$\bar{B} = \frac{\mu_0}{2\pi}\sum_{k=1}^{N}\frac{\bar{I}_k}{d_k}\bar{u}_I \times \bar{u}_r$$

in cui N è il numero dei conduttori, d è la distanza tra il conduttore k-esimo e il punto di calcolo; i versori $\bar{u}_I$ e $\bar{u}_r$ indicano, rispettivamente, il verso della corrente e della relativa normale; x indica il prodotto vettoriale.

In particolare è stato analizzato il caso, che verrà riportato successivamente, relativo ad una linea a doppia terna su semplice palificazione con corrente di 310 A. Come si può osservare dalla figura 1, le due curve sono praticamente coincidenti.

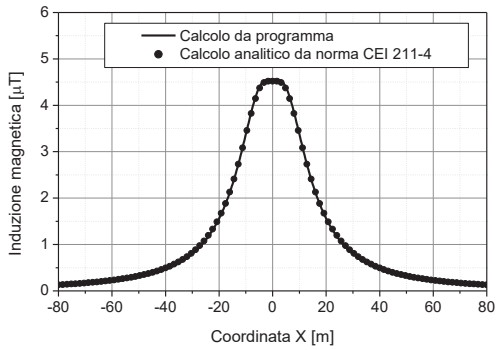


Figure 1 Induzione magnetica al suolo in prossimità di una linea aerea a doppia terna su semplice palificazione con corrente di 310: confronto tra MAGIC® e formula analitica CEI 211-4

Come si può osservare il profilo di induzione magnetica ottenuto dal software MAGIC® coincide esattamente con i punti calcolati mediante la formula analitica CEI 211-4.

2.2. Confronto con codice CESI

L'analisi del campo magnetico prodotto è stata condotta su due terne trifase di cavi affiancate. Le sezioni di affiancamento riguardano (Fig. 2):

- Buca giunti (interasse 70 cm e livello di interramento pari a 1.25 m)
- Formazione piana (interasse 35 cm e livello di interramento pari a 1.25 m)
- Distanza tra le due terne: 4m

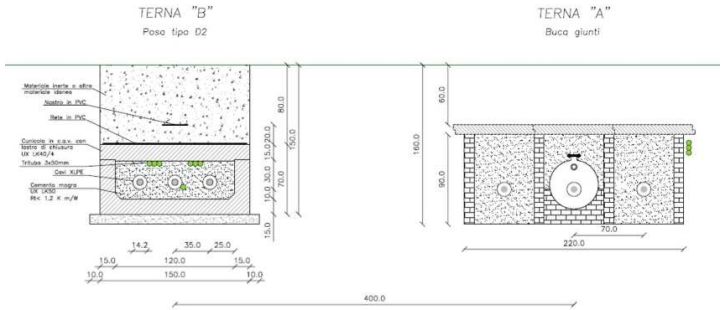


Figure 2 Affiancamento tra due linee interrate AT

Condizioni di carico e relazioni di fase:

- Terna B: Ieff = 1500 A (RST)
- Terna A: Ieff = 1500 A (TSR)

La configurazione analizzata mediante il codice sviluppato dal CESI porta alla distribuzione di campo riportata in Figura 3.

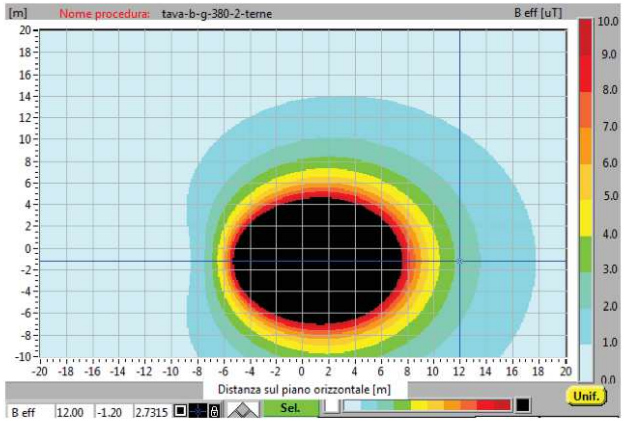


Figure 3 Mappa cromatica delle induzioni magnetiche calcolata mediante software CESI

La stessa configurazione è stata analizzata mediante il codice MAGIC® e può essere studiata attraverso due possibili funzioni messe a disposizione dal software:

- Terne parallele
- Multiconduttori 2D

In questo documento verrà utilizzato il Multiconduttore 2D (Fig. 4) che permette di definire un sistema di N conduttori posizionati arbitrariamente in cui viene applicata una corrente arbitraria.

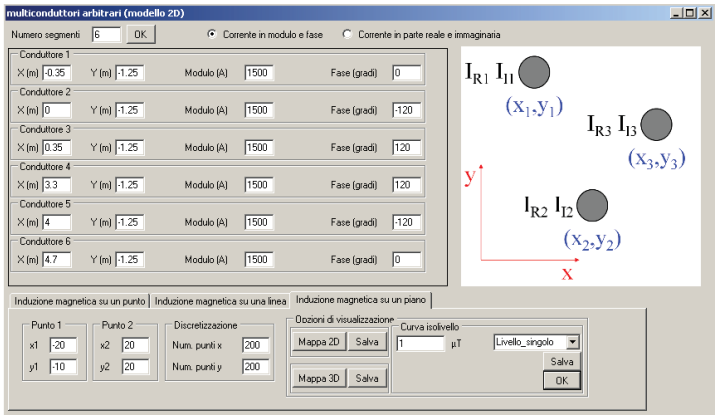


Figure 4 Schermata di ingresso modulo "multiconduttori arbitrari (modello 2D)": dati definizione geometria e sorgenti

Nella seguente Fig. 5 è riportata la "geometria" del sistema che può essere visualizzata al termine dell'inserimento dati.

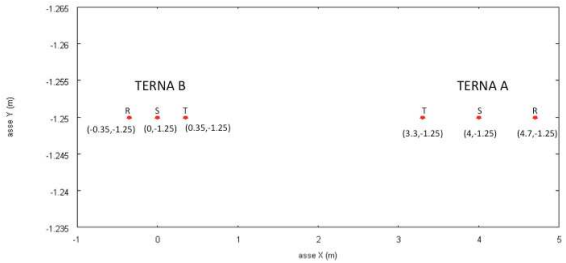


Figure 5 Geometria sorgenti

In Fig. 6 è riportata la mappa cromatica dell'induzione magnetica ottenuta dal software MAGIC® (valori in microT):

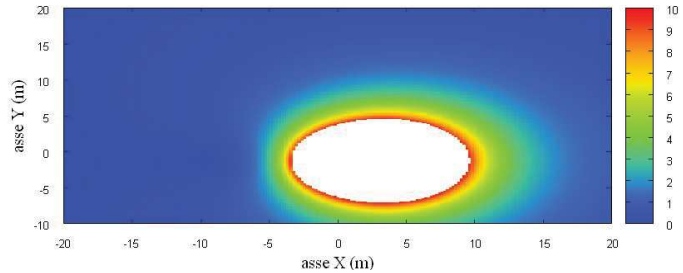


Figure 6 Mappa cromatica dell'induzione magnetica ottenuta dal software MAGIC® (valori in microT):

In Fig. 7 sono riportate le linee isolivello dell'induzione magnetica (1, 3, 10, 100 microT) visualizzabili dal software MAGIC®.

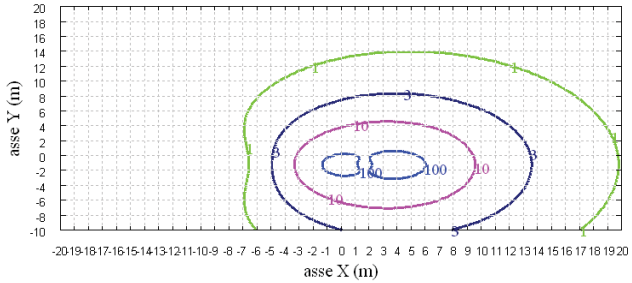


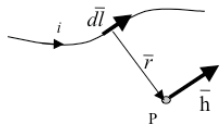
Figure 7 Linee isolivello dell'induzione magnetica (1, 3, 10, 100 microT) da software MAGIC®

Come si può osservare le mappe cromatiche dei due modelli risultano essere in perfetto accordo.

3. Verifica del modulo tridimensionale

Il modulo tridimensionale del MAGIC® si basa principalmente sull'integrazione della formula di Biot-Savart:

$$\vec{h} = \int \frac{i\vec{dl} \wedge \vec{r}}{4\pi r^2}$$



Nelle configurazioni impiantistiche si ha spesso a che fare con fasci di cavi che il cui profilo copre percorsi approssimabili con buona precisione a delle spezzate tridimensionali. Ogni spezzata è quindi modellabile mediante una successione di segmenti opportunamente orientati nello spazio. Ne consegue che, sapendo valutare il campo di un segmento arbitrariamente orientato nello spazio, è possibile calcolare il campo prodotto da un fascio di cavi mediante la sovrapposizione degli effetti di tutti i segmenti costituenti il fascio.

3.1. Campo prodotto da un segmento finito arbitrariamente orientato

Si consideri il segmento rappresentato nella Fig. 8.

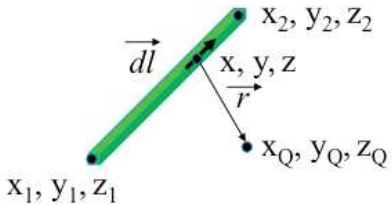


Figure 8 Modello del segmento.

L'equazione del segmento in forma parametrica diventa la seguente:

$$\begin{cases} x = x_1 + (x_2 - x_1)t \\ y = y_1 + (y_2 - y_1)t \\ z = z_1 + (z_2 - z_1)t \end{cases}$$

Si consideri inoltre che:

$$\vec{r} = (x_Q + x)\vec{a}_x + (y_Q + y)\vec{a}_y + (z_Q + z)\vec{a}_z$$

$$\vec{dl} = dx\vec{a}_x + dy\vec{a}_y + dz\vec{a}_z$$

Facendo le opportune sostituzioni, la formula di Biot-Savart può essere risolta conducendo ad una formula chiusa per il calcolo delle tre componenti di campo H_x, H_y e H_z (ovvero B_x, B_y e B_z). L'integrazione, sebbene sia macchinosa e porti ad espressioni analitiche poco compatte, può essere semplicemente risolta mediante l'utilizzo di un processore simbolico. Per tutti i dettagli circa l'integrazione si consideri la seguente referenza:

Canova A.; F. Freschi; M. Repetto; M. Tartaglia, (2005), Description of Power Lines by Equivalent Source System. In: COMPEL, vol. 24, pp. 893-905. - ISSN 0332-1649

3.2. *Validazione sperimentale del modulo tridimensionale*

In Fig. 9 viene rappresentata una spira costituita da 4 conduttori rettilinei che ben rappresenta una sorgente di tipo tridimensionale.

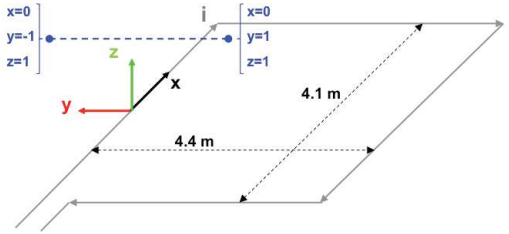


Figure 9 Schema di spira quadrata.

Nella stessa immagine viene rappresentata una linea di confronto con le seguenti caratteristiche:

- È posta a 1 m da terra ➔ z = costante = 1m
- Si estenda lungo l'asse y ➔ x = costante = 0 m
- E' lunga due metri: ➔ y minimo = -1 m, y massimo = 1 m

Su tale linea di confronto sono state eseguite delle misure sperimentali mediante sistema composto da sonda PMM-EHP50 C le cui caratteristiche sono riportate nel seguente elenco:

- Range di frequenze 5Hz – 100 kHz
- Range di campo elettrico 0.01 V/m – 100 kV/m
- Range di campo magnetico 1 nT – 10 mT
- Risoluzione 0.01 V/m - 1 nT
- Tempo di campionamento 30, 60 sec
- Massima acquisizione 1600 ore con acquisizione ogni 60 sec.
- SPAN 100, 200,500 Hz, 1 kHz, 2 kHz, 10 kHz, 100 kHz

Viene infine eseguito il confronto tra misure sperimentali e calcolo eseguito mediante software MAGIC®. I risultati di confronto sono riassunti nella seguente figura.

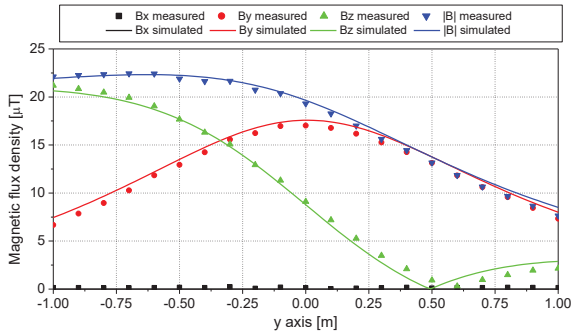


Figure 10 Induzione magnetica misurata e calcolata mediante software MAGIC®.

Si dimostra quindi che le misure sperimentali sono in perfetto accordo con il modello implementato nel software MAGIC®.

4. Verifica del modulo tridimensionale:trasformatore di potenza

In questa sezione vengono riportati i principali risultati ottenuti utilizzando il software MAGIC® nella simulazione dei campi generati da un trasformatore in resina (il trasformatore in olio rappresenta una situazione semplificata rispetto a quello in resina).

La validazione è condotta in due step:

- Verifica del modello MAGIC della singola colonna del trasformatore con modello FEM (Finite Element Method)
- Verifica del modello MAGIC del trasformatore completo con misure sperimentali

Maggiore dettaglio sui confronti sono riportati nella seguente referenza:

A. Canova, L. Giaccone, M. Manca, R. Turri, P. Casagrande, "Simplified power transformer models for environmental magnetic impact analysis", 2° Int. Conf. on EMF-ELF, Paris, 24-25 Marzo 2011.

4.1. *Verifica del modello MAGIC® della singola colonna del trasformatore con modello FEM (Finite Element Method)*

MAGIC® propone due diversi modelli per il trasformatore: il primo di tipo semplificato e valido a partire da circa 0.5-1m dal trasformatore, il secondo più rigoroso valido anche a piccole distanze dal trasformatore. Nel seguito i due modelli verranno indicati come Modello 1 e Modello 2.

Un primo confronto tra i due modelli è stato effettuato con un codice agli elementi finiti (FEMM) di tipo assialsimmetrico. In Figura 11 sono riportate le principali dimensioni del caso analizzato: avvolgimento primario e secondario di un trasformatore di 630 kVA in resina e l'indicazione delle linee di calcolo.

Nei calcoli che seguono i due avvolgimenti sono caratterizzati dalle stesse amperspire in opposizione (N1*I1=N2*I2) e verranno considerate, come sorgenti, le correnti nominali.

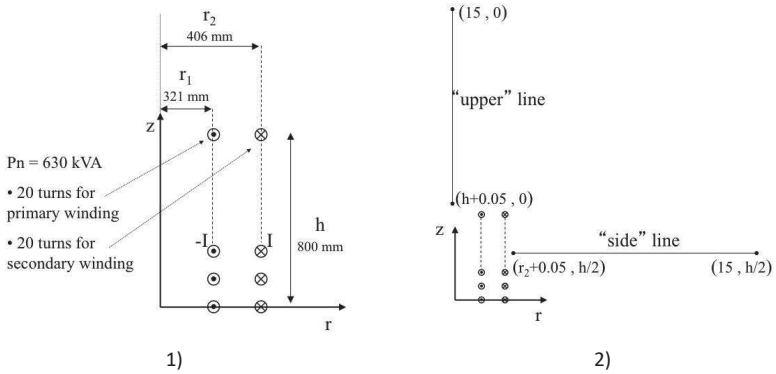


Figure 11 Geometria del sistema (1) e linee di calcolo (2)

Le Fig. 12 e 13 mostrano, rispettivamente, i valori di induzione magnetica lungo la linea ad 1m dal lato degli avvolgimenti e lungo la linea ad 1.5 m sopra gli avvolgimenti. Le figure mettono a confronto il "modello 1 e 2" ed il calcolo, assunto come riferimento, effettuato mediante codice FEM.

Si può osservare un ottimo accordo tra i "modelli 1 e 2" adottati nel MAGIC® lungo entrambe le linee mentre per distanze inferiori al metro il modello semplificato, con particolare riferimento al campo lungo la linea verticale, risulta portare a delle discrepanze significative. Per tali distanze è pertanto conveniente utilizzare il "modello 2" che risulta più accurato a spese di un maggiore peso computazionale (nell'ordine comunque delle decine di secondi).

I modelli inseriti nel MAGIC® sono inoltre confrontati con il modello proposto da un altro software commerciale (EFC-400) che verrà denominato "Modello 3". Tale modello è basato sull'ipotesi che il campo magnetico disperso, essendo correlato con la reattanza di dispersione del trasformatore, risulta quantitativamente correlato alla tensione di corto circuito. Il modello proposto da EFC-400 è quindi costituito da un unico avvolgimento (che sintetizza il primario ed il secondario) percorso da una corrente ridotta, rispetto alla corrente nominale, secondo la seguente formula:

$$I = I_R \cdot \frac{V_{SC}\%}{100}$$

in cui I_R è la corrente nominale (di primario o secondario) e V_{SC} è la tensione di cortocircuito percentuale. Può essere utilizzata la corrente di primario o di secondario (I_{R1} *o* I_{R2}) e corrispondentemente occorre considerare le spire di primario o secondario (N_1 *e* N_2).

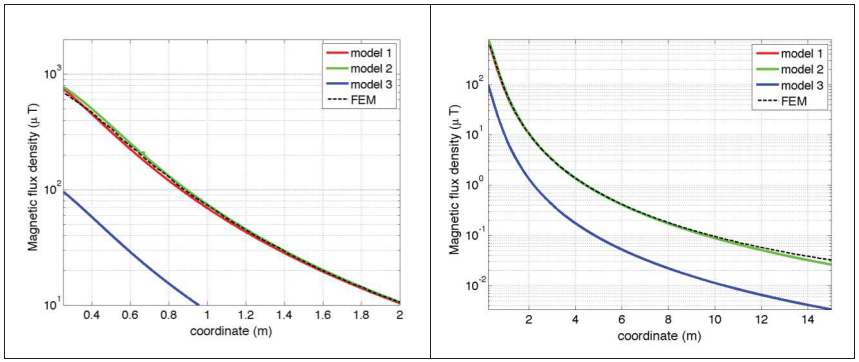


Figure 12 Induzione magnetica lungo la linea laterale

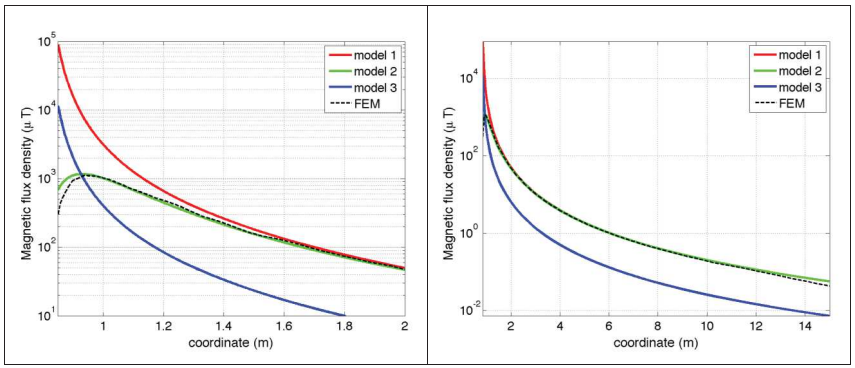


Figure 13 Induzione magnetica lungo la linea superiore

Come si può osservare dai profili di induzione magnetica il modello 3 risulta scarsamente idoneo a modellare i due avvolgimenti concentrici di primario e secondario.

4.2. Verifica del modello MAGIC® del trasformatore completo con misure sperimentali

In questo paragrafo il modelli vengono confrontati con dati sperimentali. Il caso analizzato si riferisce ad un trasformatore in resina da 630 kVA, 15kV/400V, funzionante in condizioni di corto circuito (Fig. 14). Il trasformatore viene alimentato con una tensione che fa circolare negli avvolgimenti una corrente pari al 42% della corrente nominale, si ha quindi 10.4 A di primario (lato MT) e 390 A di secondario (lato BT). Il modello del trasformatore risulta quindi completo e costituito da tutti gli avvolgimenti delle tre fasi.

Le linee di calcolo S1 ed S2 (Fig. 15) sono poste ad 1.5m dal piano di appoggio del trasformatore. E' importante sottolineare che il contributo dei terminali di BT influisce significativamente sul campo magnetico ambientale, specialmente nella direzione S1. Pertanto, l'introduzione di tali sorgenti addizionali agli avvolgimenti porta ad una riduzione degli scostamenti tra i vari modelli.

In Fig. 16 e 17 sono riportati i confronti tra le induzioni magnetiche, lungo le linee S1 ed S2, misurate e calcolate con i diversi modelli.

Come si può osservare, in particolare per la linea S2 (dove il contributo delle connessioni è trascurabile) il modello 1 ed il modello 2 approssimano in modo soddisfacente i dati sperimentali.

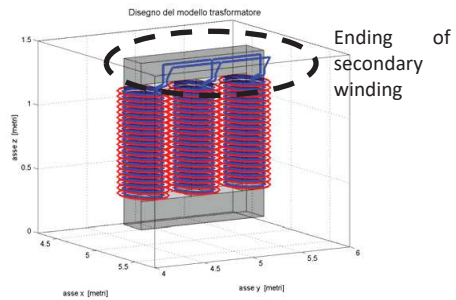


Figure 14 Connessioni elettriche considerate ai lati BT.

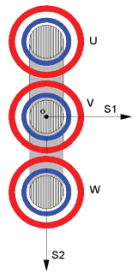


Figure 15 Linee di calcolo S1 ed S2

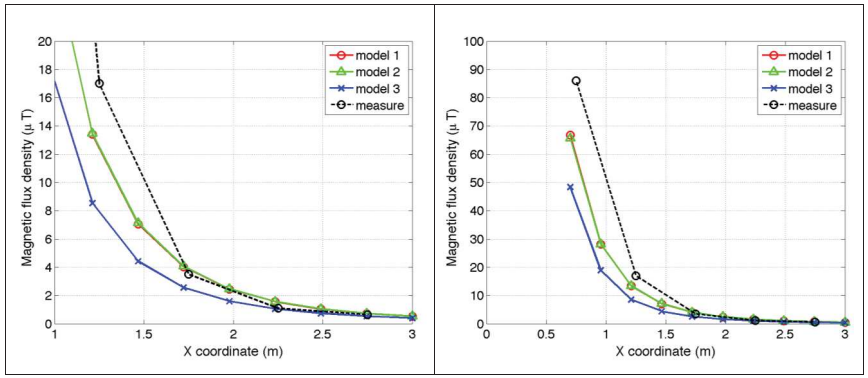


Figure 16 Confronto tra misure modelli lungo la linea S1

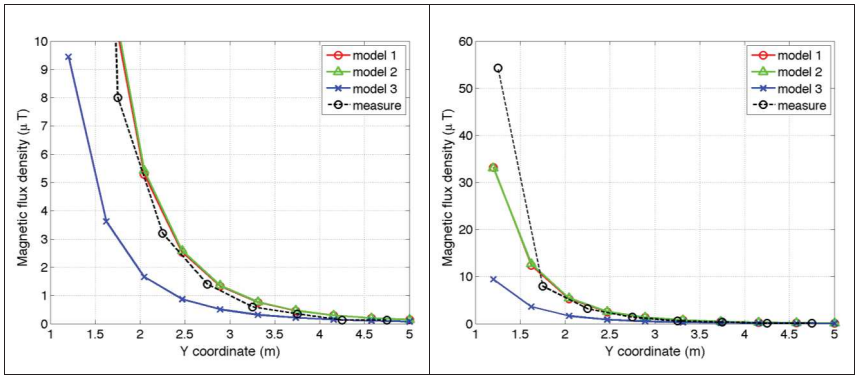


Figure 17 Confronto tra misure modelli lungo la linea S2

5. Conclusioni

Il presente documento si propone di fornire alle autorità competenti tutti gli elementi necessari affinché il software MAGIC® possa essere validato secondo quanto richiesto dal Decreto Ministeriale (160) del 29/05/2008 "Approvazione della metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti".

Come indicato nell'art. 5.1.2 (Calcolo delle fasce di rispetto per linee elettriche) del decreto del 29/05/2008, i modelli tridimensionali non sono ancora standardizzati, tuttavia un software in cui i modelli soddisfino ai seguenti requisiti indicati nel decreto:

"…i modelli utilizzati devono essere descritti in termini di algoritmi implementati, condizioni al contorno e approssimazioni attuate. Essi devono essere validati attraverso misure o per confronto con modelli che abbiano subito analogo processo di verifica. La documentazione esplicativa e comprovante i criteri di cui sopra deve essere resa disponibile alle autorità competenti ai fini dei controlli"

può essere ritenuto idoneo allo scopo e, a tal fine, è stato redatto il presente documento.

Per quanto concerne in particolare le cabine elettriche, la complessità delle sorgenti in esame richiede una valutazione accurata che tenga conto principalmente della tridimensionalità delle singole sorgenti e l'effetto prodotto dalla combinazione delle stesse (sovrapposizione degli effetti). Nelle analisi precedentemente svolte sono stati analizzati e validati i principali componenti costituenti le cabine quali linee elettriche di connessione (tratti di conduttori di lunghezza finita), quadri elettrici (tratti conduttori di lunghezza finita) e trasformatori (elementi toroidali e tratti di conduttore di lunghezza finita).

Dai risultati ottenuti e presentati è quindi possibile concludere che il Software MAGIC® ha le caratteristiche per essere rispondente alle indicazioni richieste dal Decreto Ministeriale (160) del 29/05/2008, lasciando ovviamente alle autorità competenti la verifica ed il giudizio finale.